المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
كلية التربية
قسم التربية الفنية

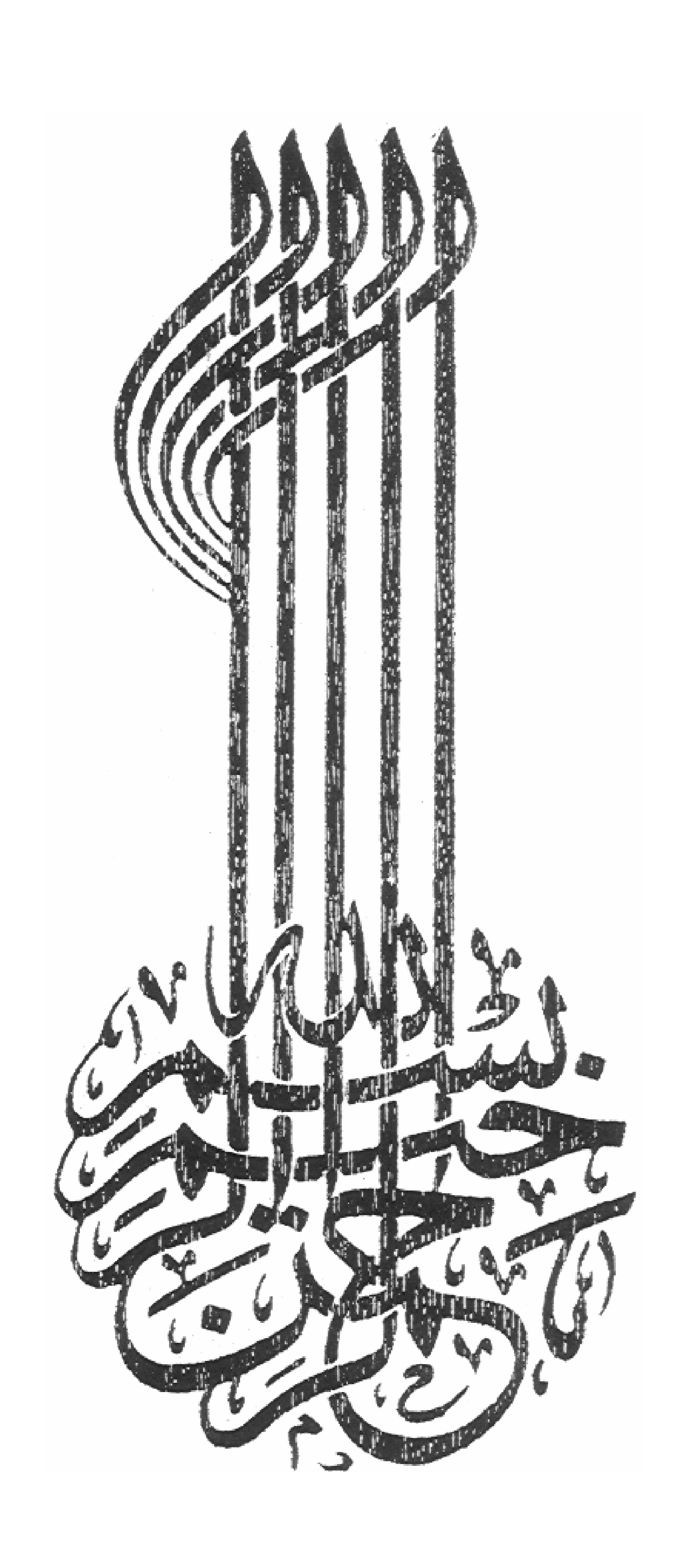
# الأسس التصميمية والتنفيذية لإعداد وحدات زخرفية مستوحاة من التراث في مجال الزجاج المعشق

إعداد
سعد عثمان محمد العياف

إشراف الدكتور
محمد أحمد هلال

خطة بحث كمتطلب تكميلي للحصول على درجة الماجستير
في التربية الفنية

الفصل الدراسي الأول
١٤٢٤هـ - ٢٠٠٢م


بسم الله الرحمن الرحيم

**بسم ا الرحمن الرحيم**



وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
كلية التربية
قسم التربية الفنية

## إجازة أطروحة علمية في صيغتها النهائية بعد التعديلات المطلوبة

**الاسم (رباعي):** سعد عثمان محمد العياف **كلية:** التربية

**قسم:** التربية الفنية **الأطروحة المقدمة لنيل درجة:** الماجستير

**عنوان الأطروحة:** " الأسس التصميمية والتنفيذية لإعداد وحدات زخرفية مستوحاة من التراث في مجال الزجاج المعشق".

..........................................................................

الحمد رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين: وبعد ...

فبناء على توصية اللجنة المكونة لمناقشة الأطروحة المذكورة أعلاه والتي تمت مناقشتها بتاريخ ١٤٢٥/٢/٢٨هـ بقبول الأطروحة بعد إجراء التعديلات المطلوبة وحيث قد تم عمل اللازم فإن اللجنة توصي بإجازة الأطروحة في صيغتها النهائية للدرجة العلمية المذكورة أعلاه.

وا التوفيق ،،،،

## أعضاء اللجنة

| المشرف | المناقش الداخلي | المناقش الخارجي |
|---|---|---|
| د. محمد أحمد هلال | د. أحمد رملي فيرق | د. سعيد سيد حسين |

**رئيس قسم التربية الفنية**

د. أحمد بن رملي فيرق

# ملخص الرسالة


العنوان: " الأسس التصميمية والتنفيذية لإعداد وحدات زخرفية مستوحاة من التراث في مجال الزجاج المعشق".

الباحث: سعد عثمان محمد العياف.

يشتمل البحث على خمسة فصول رئيسية على النحو التالي:

- الفصل الأول : خطة البحث.
- الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة.
- الفصل الثالث: تأثير حركات ومدارس الفن الحديث في الزجاج المعشق.
- الفصل الرابع: التجربة العملية للباحث.
- الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.

وتتناول الدراسة التقنيات التقليدية في الزجاج المعشق كالزجاج المعشق بالجص والزجاج المؤلف بالرصاص وشرائح النحاس والتقنيات الحديثة والتي هي أساساً امتداد للتقنيات القديمة مثل الزجاج والأسمنت والزجاج والحديد، والفسيفساء والزجاج واللدائن الصناعية ثم تتعرض الدراسة للمعالجة الزخرفية للأسطح الزجاجية مثل عمليات الحفر الميكانيكية واليدوية وباستخدام الأحماض.

**وقد توصل الباحث إلى عدة نتائج منها:**

- ارتباط فن الزجاج المعشق في الشرق والغرب بالقيمة الاستخدامية من حيث أثر الضوء وارتباط الفتحات المعمارية الثابتة والمتحركة في العمارة الداخلية والخارجية على اختلاف مبانيها وطرزها.
- تأكيد ارتباط الزجاج الملون بالجانب الحرفي منه بشكل واضح.
- إمكانية الاستفادة من التراث الشعبي وتوظيف عناصره بطريقة تلائم متطلبات العصر الحديث في صياغات تصميمية متوافقة مع تلك المتطلبات.

**ويوصي الباحث بعدة توصيات منها:**

- ضرورة الحفاظ على التراث البيئي بمناطق المملكة من الاندثار بتوثيقه ودراسته.
- الاستفادة من الخامات البيئية المتاحة في الزجاج المعشق وكذلك تطويع الخامات الحديثة بما يخدم أعمال الزجاج في العمارة المحلية المعاصرة.
- ضرورة ارتباط الزجاج بالفتحات المعمارية باعتبارها المكان الطبيعي مما يؤكد أهمية الجمع بين الجانب الجمالي والوظيفي للزجاج.

# الإهـداء

**إلى وطني العزيز ....**

**إلى من كان لهما الفضل بعد الله في تربيتي أطال الله في عمرهما..**

**إلى كل من قدَّم لي العون والمساعدة وإلى كل طالب علم..**

**وإلى الأجيال القادمة من الحريصين على طلب العلم..**

**وفَّق الله الجميع وجزا الله المحسنين خير الجزاء..**

**الباحث**

# الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين على فضله وتوفيقه والشكر لعونه وامتنانه والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم وأسأل الله المولى أن يجعل عملي مقبولاً نافعاً،

كما أتقدم بالشكر الجزيل لسعادة الدكتور/ محمد هلال لإتاحة الفرصة لي بتقديم هذا البحث المتواضع تحت إشرافه الذي كان لي خير معاون بعد الله وكان له الفضل الكبير في توجيهي، ومنحي الكثير من وقته وجهده وتشجيعه الدائم لإعداد البحث بهذه الصورة.

كما أتقدم بالشكر والعرفان لسعادة الدكتور / أحمد الغامدي حفظه الله لتوجيهي وإنارة الطريق لي كما أشكر سعادة الدكتور/ أحمد رملي فيرق الذي ذلل الصعاب التي في طريقي، كما أشكر الدكتور/ سعيد سيد حسين الذي لا يزال يمد يد العون جزاه الله خير الجزاء.

كما أشكر أمناء المكتبات، المكتبة العامة، مكتبة الحرم الشريف، مكتبة جامعة أم القرى، مكتبة كلية التربية.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير للسادة الأفاضل أعضاء لجنة مناقشة هذا البحث وتصويب ما قد غفلت عنه ولم أوفيه حقه المأمول من إكماله، كما أخص السادة أعضاء هيئة التدريس وقسم التربية الفنية بالشكر والعرفان لما بذلوه من أجلي وإلى مَنْ مدّ يد العون فجزا الله الجميع خير الجزاء.

سائلاً المولى أن ينفع به الأجيال القادمة وجزا الله المحسنين خير الجزاء.

وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

الباحث

# محتويات البحث

# فهرس الصور والأشكال

# الفصـــل الأول
## خطـــة البـــحث

- المقـدمـة.
- مشكلة البحث.
- تساؤلات البحث.
- أهمية البحـث.
- أهـداف البحث.
- حدود البحث.
- منهج البحث.
- مصطلحات الدراسة.

## مقـــدمــه:

يمثل الزجاج الملون أكثر الوسائط التنفيذية فاعلية ونجاحاً من حيث حضوره اللوني، وهو اعتبار له أهميته وخاصة في البيئة السعودية التي تفتقد اللون وتنوعاته في عناصر طبيعتها- بل يغلب عليها- لظروف المناخ والموقع وغيره لون ترابـي يكسو هذه العناصر، وربما كان هذا الاعتبار من الأمور التـي دعـت لاسـتخدام الزجاج المؤلف بالجبس في العمارة الإسلامية، ولكن من الملاحظ أن هذا النوع من معالجـة الزجـاج الملون له إمكانيات استخدام محدودة في العمارة الحديثة؛ فلم يعد هناك وجود للحوائط السميكة التي كان يثبت في جدرانها وفتحاتها هذا النـوع مـن الزجاج والتي توفر الحماية من العوامل الجويـة، ويـضاف إلـى ذلـك أن نـوع التصميمات التي سادت أعمال الزجاج قديماً وكانت تلائم نمط العمـارة فـي ذلـك الوقت والتي لم تعد تلائم العمارة السائدة الآن، وعلى الرغم من أن خامات الجـبس والزجاج الملون والتي وفت بالمطلوب الجمـالي قـديماً مـن الممكـن تطويعهـا واستخدامها للوفاء بهذا المطلب في العمارة الحديثة سواء من حيث التصميم أو طرق التنفيذ.

والزجاج من الخامات التي عرفها الإنسان منذ القدم ويرجع أقـدم اسـتخدام للزجاج في المباني إلى العصور الرومانية، إلا أن فن الزجاج المعشق فن حديث إلى حد ما، ذلك لأنه تطور خلال السنوات الماضية تطوراً كبيراً لتأثره بالتاريخ والدين والتغيرات الاجتماعية والاكتشافات العلمية والمدارس التشكيلية، وربما كان اكتشاف الزجاج قد تم بمحض الصدفة، وحتى الآن لم يحدد بشكل قاطع بدء اكتشاف الزجاج، ولكن اكتشاف النار أدى إلى اكتشاف الصناعات التي تعتمد علـى الحـرارة مثـل الفخار والخزف والزجاج، وقد عرف منذ بداية الأسرة الثامنة عـشر فـي مـصر القديمة إنتاج الزجاج على نطاق واسع وبطريقة منتظمة، وقد وجـد بمـصر عـدة مصانع للزجاج، كان أقدمها عهداً ما وجد بطيبة ويرجع تاريخها إلى الملك أمنحتب

الثالث أحد ملوك الأسرة الثامنة عشر الفرعونية، ويلي ذلك ثلاثة أو أربعة مصانع وجدت بالعمارنة في عهد إخناتون (لوكس، ١٩٩٢م، ص ٢٥٨- ٢٥٩) وقد كانت الإسكندرية أعظم مراكز صناعة الزجاج قديماً، وفي بعض الوثائق من العصر الروماني عدة إشارات إلى الزجاج المصري، حيث وصل فن صناعة الزجاج في مصر إلى حد جعلها مطمع الملوك لقدرتها على صنع الزجاج وتعدد ألوانه مما أدى لاستقدام الإمبراطور نيرون لمجموعة صناع مصريين لجزيرة مورانو بروما، وأنشأ أول مصنع لها، وكان هذا بداية إنشاء هذه الصناعة في بلاد الغرب (النحاس، ١٩٦٨م، ص ٢٨).

وفي العصر الإسلامي استعمل الزجاج على يد المسلمون فيما يسمونه القمرية أو الشمسية، وكلاهما نافذة صغيرة من الجص المفرغ تُسد فتحاته بزجاج ملون وتؤلف هذه الفتحات زخارف إسلامية من فروع نباتية أو رسوم هندسية أو كتابات، والأرجح أن يكون بداية استعمال هذه الشبابيك راجعاً إلى النصف الثاني من القرن السابع الهجري- الثالث عشر الميلادي.

وقد اهتمت الدولة الطولونية بالزجاج المسطح إلى جانب اهتمامها بتقنية نفخ الزجاج الخاص بالقناديل والأواني، فقد جدد أحمد بن طولون مصنع الزجاج بالإسكندرية ورمم المنارة وأصلح المرآة الزجاجية، وقد زين الجامع الخاص به بالثريات والقمريات الزجاجية ذات الألوان والكتابة، كما نفذت جميع فتحات المسجد- شمسيات وقمريات- بالزجاج المؤلف بالجبس وهي إلى الآن تدل على روعة فن الزجاج في تلك الفترة بمصر، أما في أسبانيا، فيمتاز الزجاج عن غيره بأنه يحمل الطابع العربي الإسلامي في الشكل العام والطابع الفني في طريقة صناعته خلال القرنين الرابع عشر والخامس عشر الميلادي، حيث كانت الأندلس مركزاً لصناعة الزجاج، فقد أقام العرب في أسبانيا حاضرة عريقة لا تزال آثارها

باقية حتى الآن، ففي آثار غرناطة قصر الحمراء المـزين بالثريـات والقمريـات الزجاجية نصف الدائرية ذات الألوان والكتابة البارزة المذهبة.

(إيمان نداء ١٩٩٧م، ص٧).

ومع بداية القرن السادس عشر الميلادي- عصر النهضة- بدأ تـاريخ فـن الزجاج الملون يعرف بصورة أفضل في فرنسا وإيطاليا، ومن غير المعروف علـى وجه الدقة تاريخ استعمال الزجاج المؤلف بالرصاص ومن المعتقد أن تاريخه يعـود إلى ما قبل القرن التاسع الميلادي، وربما كانت نـشأته فـي الـشرق الأوسـط – القسطنطينية- ثم انتقل إلى فينسيا في القرن العاشر حيث كانت مراكزه الـصناعية. ومع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لم يرتبط فنـان هـذا العـصر بالمباني الدينية كما هو في العصر القوطي، بل عاش العمارة الحديثة وقد اسـتطاع الفنان أن يوجد الوحدة والتآلف بين التصوير والمسطحات في العمارة؛ حيث فتحـت أنماط العمارة الحديثة من خطوط مستقيمة من التجديدات الهيكلية من حيث الاعتماد على الحديد والأسمنت خلال القرن العشرين ومدى استغلال تلك الفرص بشكل كامل اعتماداً على كتلة المعماري؛ لأنه هو الذي يقرر أي نوع من الغطاء يستخدم لتغطية الإطار الخارجي للعمل في البنايات الحديثة (المرجع السابق، ص٨).

ومع ظهور الانطباعية وظهور اتجاهات حديثة في الفـن وخاصـة حركـة الآرت نوفو Art Nouveau التي كانت تعطي اهتماماً كبيراً للزخرفة الداخليـة فـي العمارة المدنية ومن بينها الزجاج الملون، وبعد الحـرب العالميـة الثانيـة اتجـه المعماريون القائمون على الكنائس في أوروبا إلى استخدام الفنانين بغض النظر عن معتقداتهم الدينية ليجتمع فكرهم في سبيل إنشاء تجارب فنية بارزة، وقد قادت فرنسا هذه الحركة، حيث لجأت لاستخدام كل من الفنانين ماتيس Matisse وبراك Braque وليجيه Lege لإنشاء نوافذ الكنائس التي لم تكن تمثل الفن الديني بمفهومه التقليـدي، كما حل النمط التجريبي وشبه التجريدي مع بعض اللوحات الرمزية محل الأسلوب التشخيصي المعتاد (رشا عبد المنعم، ١٩٩٩م، ص٧١).

ويتناول البحث أساليب وتقنيات تنفيذ الزجاج كما يهتم البحث بمعالجـة أهـم وسيط في فن الزجاج المعشق، وهو الضوء المار من خلال تلك القطـع الزجاجيـة بحيث يكون له الصدارة كعنصر تشكيلي هام من هذا العنصر التشكيلي- إن جاز لنا أن نقسم العمل الفني إلى عناصر- اللون ثم الشكل، ويتفاعل الضوء واللون والشكل مع الأصول التقنية المختلفة.

**مشكلة البحث:**

**تنحصر مشكلة الدراسة في الآتي:**

أن هناك قصوراً في التعرف على تقنيات تنفيذ أعمـال الزجـاج المعـشق بأساليب تختلف عن الأنماط التقليدية في الزجاج المعشق- كالزجاج المعشق بالجص أو الزجاج المؤلف بالرصاص وشرائح النحاس- تتيح للدارسين إمكانيـة توظيفهـا بشكل يلائم متطلبات العصر والظروف المكانية وما يلائمها من أساليب تصميمية.

**تساؤلات البحث:**

**تحدد تساؤلات البحث فيما يلي:**

١- هل للضوء أثر في إبراز قيمة اللون في مجال الزجاج المعشق.

٢- ما إمكانية الاستفادة من الزخارف الشعبية فـي التـراث الـسعودي لعمـل تصميمات تنفيذية للزجاج المعشق تؤكد أصالة التراث بما يتناسب مع البيئـة والعمارة الحديثة.

٣- هل الخامات واللدائن الحديثة لها خصائص يمكن الاستفادة منها وتوظيفهـا بديلاً للخامات التقليدية المستخدمة في تنفيذ الزجاج المعشق.

**أهمية البحث:**

**يمكن أن نلخص أهمية البحث في النقاط التالية:**

١- إلقاء الضوء على عنصر السبق للحضارة الإسلامية في مجال تطوير وتوظيف فن الزجاج المعشق.

٢- التأكيد على ضرورة الوعي بالأسس التصميمية والتنفيذية للزجاج المعشق كمدخل لإنتاج العمل الفني المتكامل والمتناسب مع متطلبات العمارة الحديثة.

٣- ضرورة فهم الجوانب التقنية حتى يمتلك الفنان الأدوات التي تؤهله للتحكم في الخامات بما يتناسب مع التصميم وبالتالي القدرة على الإبداع.

**أهداف البحث:**

**يهدف البحث إلى ما يلي:**

١- توظيف الأسس التصميمية والتنفيذية للزجاج مع الاستعانة بوحدات من التراث الشعبي في تنفيذ مجموعة من أعمال الزجاج المعشق.

٢- الفهم التحليلي لإسهامات الحضارة الإسلامية في مجال الزجاج المعشق بالجص والزجاج المؤلف بالرصاص في التراث الأوروبي للتأكيد على أهمية الارتباط بين فهم التراث والمفهوم التقني لاستخدام الخامات.

٣- دراسة نشأة وتطوير الأساليب التقنية في الزجاج المعشق والتعرف على الاستخدامات القديمة والحديثة كعنصر زخرفي معماري.

٤- استنباط أساليب تصميمية مبتكرة لها طابع محلي مستوحى من التراث الشعبي بإمكانات مستحدثة في الزجاج الملون لإنتاج وحدات من الزجاج المعشق تخدم العمارة الحديثة.

**حدود البحث:**

حتى يتمكن الباحث من إجراء دراسة موضوعية فإن الدراسة تتكون من جزئين يكمل بعضهما الآخر كالتالي:

**أولاً**: دراسة تنظيرية عن الزجاج المعشق يمتد نطاقها زمنياً منذ تعـرف الإنـسان واكتشافه للزجاج ثم ظهور الزجاج المعشق في أوروبا وتطوره حتى الآن أما نطاق البحث مكانياً فيمتد من أوروبا حيث ازدهر الزجـاج المعـشق وبـلاد المشرق العربي حيث امتزجت العمارة البيزنطية بالعمارة العربية الإسلامية.

**ثانياً**: دراسة تطبيقية يقوم فيها الباحث بإجراء مجموعة تجارب تتكون من عدة تصميمات مستوحاة من الزخارف تراثية يتم تنفيذها باستخدام الأساليب والطرق المتنوعة للزجاج المعشق- الجص- الرصاص- شرائح النحاس- اللدائن الصناعية- معالج الزجاج بالحريق ، كأعمال فنية متفردة بذاتها يتحقق فيها أسس التصميم وخطوات التنفيذ الخاصة بالزجاج المعشق.

**منهج البحث:**

يشير مفهوم المنهج Difinition of Method إلى الطريقة المؤدية إلى الكشف عن الحقيقة بواسطة القواعد العقلية حتى نصل إلى نتيجة معلومة (أحمـد، ١٩٨٤م، ص٩٦).

ويتبع الباحث الخطوات التالية في تحقيق أهدافه وإثبات فروضة:

١- المنهج شبه التجريبي والذي نحن بصدد استخدامه في هذه الدراسة هو أحـد الطرق العملية التي نسعى إلى اكتشاف العلاقات السببية بين الظواهر ويؤكد (كوهين ماينو، ١٩٩٠م) على أن للمنهج التجريبي له سـمة مميـزة وهـو القصدية حيث أن "السمة الجوهرية للبحث التجريبي هو أن الباحث يتحكم في

قصد ويدير الظروف التي تحدد الأحداث التي يهتم بدراستها" ص٢٢٥. ومن خلال استخدام المنهج شبه التجريبي في الدراسة يقوم الباحث باستخلاص صياغات وتقنيات تنفيذية في أعمال الزجاج المعشق لعمل مجموعة من التصميمات التي تم تنفيذها في الزجاج مستنداً في ذلك على ما استخلصه من الزخارف الشعبية خاصة العناصر الزخرفية بمنطقة الباحة.

٢- المنهج التحليلي للتعرف على التقنيات والأساليب التي اتبعها الفنان المسلم في تنفيذ الزجاج المعشق بالجص سواء القمريات أو الشمسيات، كذلك تحليل أساليب التنفيذ الأوروبية للزجاج المؤلف بالرصاص.

٣- المنهج الوصفي حيث يقوم الباحث فيه بعرض ما استخلصه من صياغات زخرفية، تم تنفيذها في مجموعة الأعمال التطبيقية في الزجاج المعشق، بالإضافة إلى وصف أعمال الفنانين المعاصرين الذين وظفوا الزجاج المرسوم في أعمالهم.

## مصطلحات الدراسة:

**الأسس التصميمية للزجاج المعشق**:

وتشتمل على الفكرة اللونية ومعالجة سطح الفتحة، والأبعاد والمنظور وعلاقة الفتحة بالمكان والطراز المحيط بها العناصر الفنية التي تخدم السطح، مع الأخذ في الاعتبار بأهمية معالجة خطوط الرصاص في التصميم لما لها من أهمية وظيفية.

**التراث الشعبي**:

عرفه سليمان (١٩٨٨م) بأنه " تلك الفنون التي تمتاز بعراقتها وتناقلها عن طريق التقليد والمحاكاة أو النقل الشفهي وهو يعبر عن روح الشعب وتقاليده ومعتقداته". ص٤٥.

**الوحدة الزخرفية**:

عرف أنيس (١٩٩٣م) الزخرفة بأنها " فن تزيين الأشـياء بـالنقش" ص٥. وهي الوحدات الزخرفية الهندسية والبنائية والرسوم الرمزية التـي أتـت بـصورة تلقائية متكررة، وقد نبعت من إحساس فطري يعبر عن معتقـدات الـشعب مثـل الزخارف الشعبية على المباني القديمة والمكملات الخشبية مثل الأبـواب والنوافـذ والأدوات المستخدمة.

**الضـــوء**:

عامل أساسي في استكمال وظيفة العين ونشاط الإبصار بحيث نستطيع رؤية ما نريد ونميز بين الألوان والأحجام.

ويمكن تعريف الضوء إجرائياً بأنه "تلك الأشعة المنبعثة من مصادر مـضيئة ثم تسقط على الأجسام فتنعكس منها بقدر يتوقف على خصائصها من المسطحات أو الأجسام ما يعكس قدراً كبيراً من الأشعة وفقاً لخصائصها الطبيعية، ومنهـا مـا لا يعكس إلا القليل منها أو لا يعكس (عبد الفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص١١٩).

**اللـــــون**:

يعرفه سميتيز (١٩٩٨م) بأنه "الإحساس البصري المترتب علـى اخـتلاف أطوال الموجات الضوئية في الأشعة المنظورة وهو الاختلاف الذي يترتـب عليـه إحساس العين بألوان الطيف المختلفة التي تبدأ بـاللون الأحمـر وتنتهـي بـاللون البنفسجي". ص١٥٧.

**قيمة اللـون**:

ويعرفها سميتيز(١٩٩٨) بأنها "صفة تدل على درجة سـطوع اللـون مثـل إطلاق صفتي ساطع وقاتم على الألوان، وتقاس بمقدار الضوء المنعكس من الأجسام ويطلق عليها مصطلح Lightness.

كما يمكن تعريف قيمة اللون بأنها تلك الصفة التي تجعلنا نطلق عليها اسم "لون ساطع أو لون قاتم" وقد يتفق أصل لونين ولكنهما يختلفان في قيمتهما فيكون أحدهما ساطعاً يعكس كمية كبيرة من الأشعة، والثاني قاتماً تقل كمية الأشعة المنعكسة منه وبذلك نرى أثر قيمة اللون تدل على درجة نصوعه (عبدالفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص ١١٩).

**الوحدة**:

ويقصد بها اتباع أسلوب معين في التصميم يتم بموجبه تنسيق العناصر وربطها ببعضها وإعطائها طابعاً موحداً ليكون التصميم وحدة واحدة منسجمة مع بعضها ويربطه إيقاع واحد، ولكل عمل فني وحدة تربط أجزاءه برباط يخدم الشكل العام وتتم بالألوان أو بالخطوط، أو بالسطوح أو بالتكوين نفسه في مساره واتجاهه.

والوحدة في مجال الفن التشكيلي هي تعبير واسع يشمل عناصر متعددة، منها وحدة الشكل ووحدة الأسلوب الفني ووحدة الفكرة، أو وحدة الهدف أو الغرض من العمل الفني، وهذه العناصر جميعها هي التي تثير في الرائي الإحساس النهائي بوحدة العمل (عبد الفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص ١٧٠).

**الزجاج**:

مادة صلبة هشة غير متبلره، مرت من حالة السيولة إلى حالة الصلابة- أثناء تصنيعها- بالسرعة الكافية لمنع تكون البلورات في السائل المنصهر، وعادة ما يكون الزجاج شفافاً عديم اللون كما يمكن تلوينه ويصنع بصهر الرمل- السليكا- مع كربونات الصوديوم أو كربونات الصوديوم أو كربونات البوتاسيوم.

**الزجاج الملوّن**:

يلون جسم الزجاج بإضافة أكاسيد معدنية إلى مكوناته وتختلف هذه الأكاسيد باختلاف اللون المطلوب مما يعطي إمكانية التنوع في اللون اعتماداً على كمية الأكاسيد أو الأكاسيد المضافة ونسبة مكونات الزجاج نفسه ومدة تسخين هذه المكونات.

# الفصـــل الثــــاني

# أدبيـــــات الدراســــــــة

**أولاً: الإطـار النظري:**

**أ- التقنيات التقليدية لأعمال الزجاج المعشق:**

- خصائص ومميزات الزجاج.
- الزجاج المعشق بالجص.
- الزجاج المؤلف بالرصاص.
- الزجاج المؤلف بشرائح النحاس.
- تقنية الرسم والتصوير في أعمال الزجاج المعشق.

**ب- الاستخدامات الحديثة للزجاج الملون كعنصر زخرفي معماري:**

- أعمال الزجاج والأسمنت.
- أعمال الزجاج واللدائن الصناعية.

**ج- الأساليب الزخرفية على أسطح الزجاج الملون:**

- الحفر بالمواد الكيميائية.
- الحفر بالرقائق المعدنية أو أحجار الكاربورندم.
- الطرق الميكانيكية عن طريق الرش.

**ثانياً: الدراسات السابقة والمرتبطة.**

## خصائص ومميزات الزجاج

الزجاج مادة شفافة عديمة اللون أو ملونة منها ما هو صلب في قـوة الفـولاذ ومنها ما هو في نعومة الحرير، يصنع بصهر أو اتحاد أحد الأكاسيد الحامضية مثل ثاني أكسيد السيليكون مع أحد الأكاسيد القلوية مثل أكـسيد الـصوديوم أو أكـسيد البوتاسيوم أو أكسيد الكالسيوم، ويمكن إضافة بعض العناصر الكيميائيـة الأخـرى للمكونات الأساسية للزجاج لكي تعمل على إضفاء خاصية للزجاج الناتج سواء فـي زيادة قوة تحمل الزجاج أو إضافة صفة لونية له أو العمل على تقليل معامل التمـدد وتخفيض درجة حرارة الانصهار.

ويعرف (زينهم، ١٩٩٥) ":

> الزجاج على أنه مادة غير عضوية ناتجة من الانصهار ويبردت إلى درجـة لا يحدث معها تبلور، وهو بصفة خاصة مادة يمكن تشكيلها في درجـات حـرارة معينة سواء لعمل المجسمات والمسطحات منها ما هو شفاف ملون أو غير ملون ونصف شفاف ومعتم كما في حالة الزجاج السيراميكي المتبلور" ص ٢١١.

**مكونات الزجاج:**

يتكون الزجاج من مجموعة مواد يتناولها سالم (١٩٨٢) كالآتي:

يتكون الزجاج من خليط من الأكاسيد الحامضية. (مثـل الـسيلكا- أوكـسيد الزرنيخ- حمض البوريك- أوكسيد الأنتيمون- أوكسيد الفوسفور).

الأكاسيد القاعدية أو القلوية (مثل الصودا- أوكسيد الماغنسيوم- البوتـاس- أوكسيد الرصاص- الجير- أوكسيد الزنك- أوكسيد الباريوم- أوكسيد الألمنيـوم). ويضاف إلى هذه المكونات قبل انصهارها نسبة مـن الخبـث الزجـاجي (Gullet) المتبقي من تصنيع سابق، وتتراوح هذه النـسبة مـن ٢٠ =٨٠% مـن مجمـوع المكونات لأنه يساعد على الانصهار ويقلل أيضاً من نفقات الإنتاج.

**وفيما يلي بيان بتركيب نوعين من الزجاج الأقرب إلى مجال هـذه الدراسـة فـي جانبها العملي:**

١- زجاج الصودا الذي يصنع منه زجاج النوافذ:

ويضيف (سالم، ١٩٨٢) بأن هذا النوع يستخدم في تصنيع زجاج النوافذ وبعد أنواع الزجاجات والأواني المتوسطة الجودة ويتكون مما يلي:

- ١٥% أكسيد صوديوم.
- ٣% أكسيد مغنسيوم.
- ١% كالسيوم.
- ١% أكسيد ألمنيوم. (ص ٨٦)

٢- زجاج الرصاص أو الكريستال:

وهذا النوع من الزجاج تصنع منه المنتجات الدقيقة والجيدة، ويعرف باسـم "الكريستال" ويمكن تشكيله بالنفخ بسهولة أكثر من زجاج الصودا، ويعـد اسـتعمال الرصاص في تصنيع الزجاج اكتشافاً إنجليزياً في القرن السابع عشر حيث أضـاف الكثير إلى الزجاج من حيث الشفافية والنقاء وسهولة التشكيل، ويتكون هذا الزجـاج من النسب التالية:

- ٣٠- ٣٦% أكسيد الرصاص.
- ١٠- ٣% أكسيد بوتاسيوم.
- ٥٣- ٥٦% سيليكـا. (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٧)

**العلاقة بين لزوجة الزجاج وإمكانية تشكيله**:

إذا انصهر الزجاج وأصبح سائلاً فإنه يتحول بسرعة إلى جسم صـلب أثنـاء عملية التبريد ففي هذه الحالة لا يمكن استغلاله في عملية التشكيل إلا بطريقة واحدة هي الصب، وذلك بصب المصهور الزجاجي في القالب مباشرة وإجـراء التـشكيل بالكبس، أما إذا استخدمت وسائل أخرى للتشكيل فعلى هذا الأساس يجـب اختيـار

تركيب خاطة زجاجية معينة لتشكيل بالطريقة المراد تنفيذها، والتي تعتمد على معدل لزوجة هذه الخاطة الزجاجية المصهورة في خلال الفترة الزمنية التـي تـستغرقها عملية التشكيل، ويجب أن تحتفظ هذه الخاطة أثناء التشكيل بدرجة اللزوجة الملائمة للعملية التشكيلية.

والزجاج الذي يحتوي على نسبة أكسيد الكالسيوم العالية يعتبر زجاجاً سـريع التحول من الحالة اللازجة إلى الحالة الصلبة وهذا الزجاج يستخدم غالباً في عمليات التشكيل السريعة مثل النفخ بواسطة صفارة التشكيل أما الزجاج الذي يحتوي علـى نسبة أكسيد الرصاص العالية فيعتبر متوسط التحول مـن اللزوجـة إلـى التجمـد ويستخدم في عملية التشكيل اليدوي والزجاج الذي يحتـوي علـى نـسبة أكـسيد الصوديوم العالية يعتبر بطيئاً في درجة التحول من اللازوجة إلى التجمد.

(إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص١١٩).

**خواص الزجاج**:

هناك خواص عديدة للزجاج ينبغي للفنان أو الحرفي الذي يتعامل مع الزجاج أن يكون على دراية ومعرفة بها، وحتى يستطيع أن يحقق عمله الفني بما يحقق أكبر قدر من التجانس. وهذه بعض خواص الزجاج التي تتصل بالجانب العملي من هـذه الدراسة يتناولها (سالم، ١٩٨٢م) كما يلي:

**١- جاء في تعريف الزجاج** أنه مادة "هشة" وهذا يعني أنها مادة قابلة للكسر فقطعة الزجاج- أين كان شكلها- هي تركيب من مادة واحدة متجانـسة Monolithie كمـا يذكر سالم (١٩٨٢)- أنها على النقيض من قطعة حجراً أو رخام مثلاً التـي هـي تركيب من عدد كبير من البلورات Polycrystalline وتحت الضغط فإن المادة الهشة يحدث بها قدر ضئيل من التشويه قبل أن تتكسر- في حين أن المادة المكونـة مـن العديد من البلورات يحدث بها الكثير من التشويه قبل أن تتكسر (مثـل الحجـر أو الرخام) ولأن الزجاج مادة هشة وذو تركيب واحد متجانس فإنـه مـن الممكـن أن ينكسر أو ينشر أو يصقل أو يخدش أو يحفر بوسائل مختلفة " (ص ٨٧).

**٢- الصلابة:**

كما ذكرنا في تعريف الزجاج أنه مـادة "صـلبة "، وصـلابة المـواد فـي التكنولوجيا يمكن قياسها بعدة وسائل، وبالنسبة للخزف والزجاج فإن الصلابة تعنـي مقدرة المادة لمقاومة الخدش والاحتكاك والقطع أو الاختراق بمقاومة الخدش تتحـدد بمقياس موسى Mohs Scale، وهو مقياس تنظم داخله مجموعة مواد مختلفـة كـل منها يستطيع أن يخدش بقية المواد الأقل منه صلابة، وهذه المواد مرتبة ابتداء مـن أقلها صلابة وحتى أشدها صلابة على النحو التالي: الطلق- الجـبس- الكالـسيت- الفلورايت- الأباتيت الأرتوكلاس- الكوارتز- الطوباز - الكربورندوم- الماس.

ويقع الزجاج من حيث الصلابة ما بين لاباتيت والكوارتز وتعتمد درجـة صـلابته على طبيعة مكوناته، فالزجاج الذي يدخل في تركيبه نسبة أكبر من أكسيد الرصاص قابل للخدش بسهولة أكثر من زجاج البوروسيليكات، ومعرفة هذه الخاصية تـساعد على اختيار المواد اللازمة لصقل أوحك أو حفر الزجاج وهي مواد صناعية تقع ما بين الأرتوكلاس Orthoclase والماس Diamond (سالم، ١٩٨٢م، ص ص ٨٧-٨٨).

**٣- الضبابية:**

ويقصد بهذا المصطلح كما جاء عند سالم (١٩٨٢):

> " تكون بلورات في الزجاج أو على سطحه، وتتكون هذه البلورات في درجات الحرارة العالية القريبة من درجة حرارة التشغيل وتغطي السطح بطبقة ضـبابية تفقد الزجاج بريقة وتألفه، ومكونات الزجاج لها تأثير كبير على حـدوث هـذه النتيجة فبعض أنواع الزجاج لها مقاومة لحدوث التبلور على سطح أكثـر مـن غيرها" (ص٨٨).

**٤- التمدد والانكماش:**

التمدد بالحرارة والانكماش بالبرودة خاصية من خواص المواد الصلبة ومنها الزجاج، فقطعة من مادة صلبة سيزداد طولهـا كلمـا ارتفعـت درجـة حرارتهـا وستنكمش إذا ما انخفضت. وخاصية التمدد والانكمـاش تختلـف بـشكل ملمـوس

باختلاف مكونات الزجاج. فزجاج السيلكا فقط (البلور الصخري) له قابلية ضـعيفة جداً للتمدد. وكلما أضيفت مادة قلوية للسبيكا للاعتبارات العملية- لخفـض درجـة انصهار مكونات الزجاج- كلما ازدادت درجة التمدد فزجاج البورو سـيليكات لـه معـامل تمدد عـال وزجاج الرصاص وزجاج الصودا له معامل تمدد أعلى وهكذا. وعلى سبيل المثال فإن معامل التمدد في شريحة من زجاج الصـودا طولها ١٠سم سوف تزداد طولاً (٢٤سم) وعندما تسخن بدرجة حرارة تصل إلى ٣٠٠م. ويجـب مراعاة هذه الخاصيـة عند العمل بأنواع مختلفة من الزجاج لتجنب آثارها الـسلبية (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٩).

**٥- التبريد Annealing:**

عند تعرض الزجاج للتبريد السريع من درجة حرارة الفرن التي تتراوح من ٥٠٠: ٧٠٠م إلى درجة حرارة الطقس العادي، فإنه يكون عرضة لـضغط كبيـر يتسبب في كسره وإذا لم ينكسر في الحال فإنه يكون عرضـة للكـسر أو الـشرخ مستقبلاً عند تعرضه لأقل ضغط وهذه الخاصية تتطلب الانتقال بالزجاج من درجـة حرارة التشغيل إلى درجة حرارة الطقس العادي بالتدرج وبترتيب معين. فمن خلال التبريد ينبغي أن يبقى الزجاج وهو في درجة حرارة عالية لمدة حـوالي عـشرين دقيقة، وهذه الدرجة تسمى نقطة التبريد Annealing point وهي تختلف من زجـاج لآخر حسب مكوناته، وبقاء الزجاج عند هذه الدرجة لازم للتأكيـد مـن أن قطعـة الزجاج في درجة حرارة واحدة ثم يبدأ بعدها التبريد التدريجي.

وقد أجرى أحد الباحثين في مجال تكنولوجيا الزجاج تجربة على نـوع مـن الزجاج نقطة تبريد Annealing point ٥٠٠م وكانت نتيجة التجربة كالآتي:

١- بقاء الزجاج عند درجة حرارة ٥٠٠م لمدة عشرين دقيقة.

٢- التبريد من ٥٠٠ إلى ٤٢٥ في زمن ٦٧ دقيقة.

٣- التبريـد من درجة ٤٢٥ إلى درجـة حرارة الطقـس العـادي فـي زمـن ٤٥دقيقة (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٩).

**الخواص الضوئية للزجاج**:

تعتبر الشفافية من الحالات الطبيعية للسوائل، لكن الشفافية نادرة في المـواد الصلبة وليست جميع أنواع الزجاج شفافة.

وترى إيمان ندا (١٩٩٧م) أنه:

" ليست جميع السوائل شفافة ويمكن القول أن الضوء يتكون من وحـدات مـن الطاقة تسمى فوتونات في صورة موجات كهرومغناطيسية، وحين توجه حزمـة على قطعة معدنية مثلاً فإن طاقة كل فوتون يمتصها المعـدن وتـستطيع هـذه الإلكترونات أن تمتص الضوء ثم تعيد إشعاعه مرة أخرى، ولهذا الـسبب فـإن المعدن يعكس الضوء الساقط عليه..

أما في حالة الزجاج فإن الإلكترونات ليست واحدة في الزجاج ولهذا لا يحـدث انعكاس مثل المعادن" (ص٢١).

كما يضيف نحاس (١٩٦٨م):

" أنه إذا امتص الزجاج جزءاً من الضوء عند لون معين، فإن الزجـاج يبـدو ملوناً مثل الزجاج الصوديوم، فيعطي لوناً ليمونياً خفيفاً، أما الزجاج البوتاسـي فإنه يعطي لوناً بنفسجياً خفيفاً، ويكسب الزجاج صقله وتنعيمـه سـطحاً أملـساً براقاً. كما يمتاز الزجاج بشفافية صافية متجانسة تمرر الأشعة الضوئية جميعها من فوق البنفسجية إلى تحت الحمراء، كما أنه له خاصية الاحتفاظ بالأشعة ذات التأثير الحراري، والمواد القلوية الموجودة في الزجاج بنـسبة كبيـرة وسـمك الزجاج يضعفان من الخواص الضوئية- كما أن الرصاص والبورات يزيدان من الخواص الضوئية ويتراوح معامل انكسار الزجاج ما بين ١,٤٦٧ إلـى ٢,١٧٩ ويبلغ أقصاه في الزجاج والرصاص ١,٥٠٧ إلى ٢,٤٧٩" (ص ٣٧- ٣٨).

**طرق تشكيل الزجاج**:

منـذ اكتشاف الزجاج وحتى الآن تنوعت طـرق تشكيل الزجاج التي عرفها ومارسها الإنسان و يذكر سالم (١٩٨٢) "أن هناك اختلاف وتنوع باختلاف العصر الزمني وأيضاً باختلاف المنتج المراد تشكيله" (ص ٩٠). وما يعنينا هنا هو تـشكيل الزجاج الملون المسطح باعتباره مادة أولية وخامة تستخدم في الزجاج المعشق.

وتصنيع هذا النوع من الزجاج مر بمراحل أكثرها بساطة وبدائية مـا كـان معروفاً قبل العصر الروماني من صب الزجاج المنصهر مباشرة في قالب مسطح. ثم أعقبه تطور آخر حيث كانت تصب عجينة الزجاج في مكان ما أعلى اسطوانتي "الدرقلة" حيث تدور كل من هاتين الاسطوانتين حول محورها في اتجـاه معـاكس للأخرى، وبمرور الزجاج من بينها يأخذ شكله المسطح المنتظم إلى حد ما، ثم يقطع في مرحلة تالية إلى المساحات المطلوبة.

وفي القرن الثامن عشر أصبح الزجاج يصب على سطح ملائم حيـث تمـر عليه اسطوانة معدنية تضغطه وتسطحه بالسمك المناسب وفي سنة ١٨٤٥ ابتكـرت ماكينات درفلة الزجاج، ولكنها أكثر تطوراً وسرعة من تلك التي سبق الإشارة إليها. وكان ذلك تمهيداً لتصنيع الزجاج بطريقة آلية تمامـاً وبإنتـاج كمـي للاسـتهلاك التجاري، وكل التعديلات التي أدخلت على طريقة سحب الزجاج وتشكيله للدرقلـة كانت محاولات مستمرة لتفادي العيوب الناتجة من التصنيع بهذه الكيفية وأهمها عدم انتظام السطح والتي أمكن التغلب عليها الآن.

والطريقة الرئيسية الأخرى في تشكيل الزجاج. وخصوصاً للأغراض الفنيـة هي التشكيل بالنفخ (شكل ١). والأساس في هذه الطريقـة كمـا يؤكـد (رينتينـز Reyntiens، ١٩٧٧م):

" أن يقوم العامل بغرس أنبوبة معدنية طولها حوالي ١٢٠سم، في الزجاج المنصهر في قوام العجين ليعلقَ بعنق الزجاج بطرف الأنبوبة، وينفخ الهواء من خلال الأنبوبة إلى قلب الزجاج.. فإنه يتمدد بشكل كروي. وبإدارة الأنبوبة أو تطويحها أو معالجتها ببعض الأدوات الخاصة وإعادة تسخينها..إلخ يمكن الحصول على أشكال متعـددة. وعادة ما يقوم عدة أفراد بإنجاز العمل في مثل هذا النوع من الورش، ومن بين هذه الأشكال لوحات الزجاج المسطحة الملونة " (ص٣٠). وكان إنتاجها يتم بواحدة مـن وسائل نفخ الزجاج التالية:

**أ- تشكيل أنبوبة زجاجية:**

يتم التخاص من قمتها وقلعها لتتحول إلى اسطوانة تحز من أولها إلى آخرها (شكل ٢) بالألماظة بكل طولها، ثم توضع في فرن مسطح حيث يكون الحز تجـاه سقف الفرن، ومع التسخين والمعالجة ببعض الأدوات البسيطة فـإن جوانـب هـذه الاسطوانة تتدلى من جانبيها لتستقر على أرضية الفرن، واستخدمت هذه الطريقة منذ أيام الرومان، وفي القرن التاسع عشر أمكن الحصول على اسطوانات ضخمة بهـذه الطريقة اليدوية يصل قطرها إلى متر واحد طولها حوالي ١٢م. ويطلق على هـذا النوع من الزجاج Sylinder or muff glass

**ب- تشكيل قرص الزجاج ويتم تنفيذه من خلال:**

نفخ كرة من الزجاج تفصل عن أنبوبة النفخ "الصفارة" عند حد معـين فـي الوقت الذي يكون فيه عامل آخر قد ثبتها على طرف قضيب معدني عنـد مركـز قاعدتها، ثم يعالجها بالإدارة والتسخين حتى تتحول إلى قرص يصل قطره إلى ١,٥م (شكل٣ ) ثم يفصل عن القضيب ويترك ليبرد. ونتيجة لهذه الطريقة في التشكيل فإن الزجاج في حواف القرص يكون أقل سمكاً وأكثر نقاء من مركزه. واسـتعمل هـذا النوع من الزجاج للنوافذ في القرنين السابع عشر والثامن عشر، أما أجزاء مركـز القرص السميكة والغير منتظمة فكانت تستعمل لزخرفة النوافذ في البيـوت الفقيـرة والريفية وبعض المباني العامة ويطلق على هذا النوع من الزجـاج اسـم Crown Glass (رينتينز، ١٩٧٧م، ص ص ٣٠- ٣١).

جـ- أما الطريقة الثالثة لتشكيل الزجاج بالنفخ فقد استعملت في الورش الصغيرة فـي القرن التاسع عشر.. زمن إحياء تقاليد الزجاج المؤلف بالرصاص حينما كان يلـزم توفر زجاج غير منتظم السطح، وتبدو فيه قيمة الصنعة اليدوية، وللحـصول علـى الزجاج بهذه المميزات كان العامل ينفخ الزجاج الملون داخل قالب مـستطيل مـن معدن وله أربع جـوانب، فضـلاً عن قاعـدته، وبعـد أن يبـرد يحـز المستطيل الزجـاجي بطول جوانبه الأربعة ويفصلها عن القاعدة ليحصل على خمس قطع كل

**شكل رقم (١)**

**التشكيل بالنفـخ**

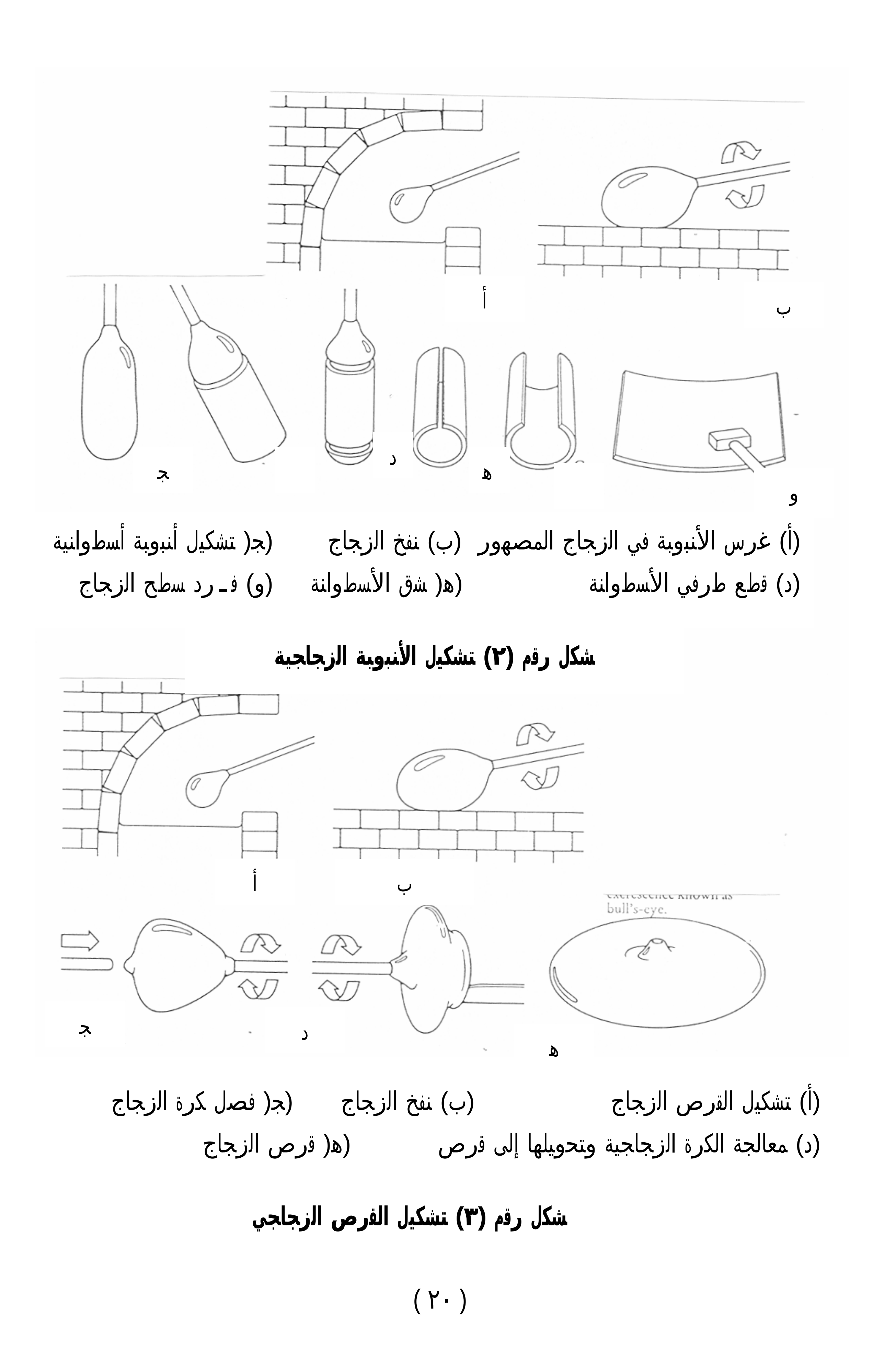


(أ) التشكيل بالنفخ للحصول على قرص زجاجي



(ب) التشكيل بالنفخ للحصول على أسطوانة زجاجية

عن زينتز باتريك (١٩٧٧م، ص٣٠)




(أ) غرس الأنبوبة في الزجاج المصهور (ب) نفخ الزجاج (جـ) تشكيل أنبوبة أسطوانية

(د) قطع طرفي الأسطوانة (هـ) شق الأسطوانة (و) فـرد سطح الزجاج

**شكل رقم (٢) تشكيل الأنبوبة الزجاجية**

(أ) تشكيل القرص الزجاج (ب) نفخ الزجاج (جـ) فصل كرة الزجاج

(د) معالجة الكرة الزجاجية وتحويلها إلى قرص (هـ) قرص الزجاج

**شكل رقم (٣) تشكيل القرص الزجاجي**

منها ١٢× ١٧ سم ولم يعد هذا النوع من الزجاج يستعمل أو يصنع فـي الوقـت الحاضر إلا بطلب خاص ويعرف هذا الزجاج باسم Norman slab

د- وأكثر أنواع الزجاج ثباتاً وشيوعاً في الاستعمال الفني ذلك النوع المعروف باسم الزجاج القديم ontique gless. وعرف إنتاجه في أوروبا في القرن التاسـع عـشر نتيجة للجهود التي بذلت والتجارب العديدة التي أجريت للتوصل إلى معرفة مـسمى الزجاج الملون القديم زجاج العصور الوسطى، وكان ذلك بتأثير من الحركة لإحياء الفنون القديمة في ذلك الوقت، وتتم طريقة تشكيله بعمل اسطوانة تعالج كمـا سـبق شرحه في طريقة تشكيل القرص الزجاجي، ولكن ما يميزه عن غيره قيمته اللونيـة وتعدد درجاتها، وأيضاً قيمته الملمسية نتيجة لإيجاد فقاقيع- متعمدة- داخل جـسمه لإضفاء ذلك الطابع القديم عليه.

وهناك اشتقاق من هذا النوع من الزجاج يعرف باسم الزجاج الفلاش Flashcl Glass

ويتم تشكيله بأن يأخذ العامل كمية صغيرة من عجينة الزجاج الملون بدرجـة قوية (عادة الأحمر- الأزرق والأخضر) عن طرق أنبوبة النفخ، ثم يغطيها بطبقـة من زجاج عديم اللون أو ملون تلويناً خفيفاً مرتين أو ثلاث مرات، وبـذلك يمكـن الحصول على زجاج سميك عديم اللون مغطى بطبقة رقيقة جداً من زجـاج ملـون تلويناً قوياً.. الذي يمكن إزالة أجزاء منها بالخدش أو الحفر بالحامض فـي بعـض الاستخدامات الفنية في الزجاج المؤلف بالرصاص، وكان اللون الأحمر هو الأكثـر استعمالاً كزجاج "فلاش" لأن أملاح النحاس تعطي لوناً قوياً ودرجة داكنة يمكـن أن تلغى شفافية الزجاج عند سمك معين (سالم، ١٩٨٢م، ص٩٣).

**أنواع الزجـــاج**:

هناك اختلافات هامة في أنواع الزجاج المستخدم في أعمال الزجاج المعـشق بالرصاص، وهي تقسم حسب أنواعها طبقاً لطريقة الصنع والتي تتـضمن الملمـس ودرجة الشفافية أو القتامة وأيضاً تميزها من حيث درجة اللون وتقسم كما يلي:

١- الزجاج القديم Antique Glass تتعدد أنواع الزجاج الملون التي تصلح لأعمال الزجاج المصبوغ وهي متنوعة من حيث اللون والشفافية والملمس، وأفضل أنواعها هو النوع الذي يطلق عليه القديم Antique، وعلى الرغم من التسمية فإن هذا الزجاج ليس قديماً بالمعنى الذي قد يتبادر إلى الذهن- أثرى- حيث أن مصدر التسمية يرجع إلى استمرار صناعته حتى الآن بالطريقة القديمة وهي طريقة النفخ على هيئة أنبوب في الزجاج المصهور؛ ليأخذ شكل زجاجة كبيرة وطويلة والتي تسوى بعد ذلك عند صفيانها، حيث يقطع الشكل الاسطواني الناتج عن تلك العملية طولياً ثم يسطح ويبرد، لذا نجد أن الزجاج الناتج لا يأخذ سمكاً متساوياً في كل الحالات؛ فهو يحتوي على عروق وتجعيدات وبعض الفقاقيع الهوائية مما يضفي على الضوء الذي ينبعث من خلاله تويعات جيدة.

٢- الزجاج الكاتدرائي Cathedral Glass: وهو مصطلح يطلق على أنواع مختلفة من الزجاج الملون والمصنع آلياً ويأخذ شكل لفافات مسطحة Flat rolled ويكون ملمسها من جانب واحد في بعض الأحيان، ويطلق على بعض أنواع هذا الزجاج (ذات الحبيبات)، ذات الحبيبات الملفوفة، ذات النعومة المزدوجة. وكل هذه الأنواع لابد أن تقطع من الجانب الناعم، والزجاج الكتدرائي أقل من حيث الثمن من الزجاج القديم كما تتوفر منه درجات لونية متعددة.

٣- الزجاج الرقراق Opalescent Glass: وهو نوع من الزجاج النصف معتم أو ذو الشكل الأبيض أو الرخامي، واستخدم هذا النوع في أعمال الزجاج الذي يرجع للعصر الفيكتوري، وهو هشّ إلى حد ما، ويحتاج إلى المهارة في عملية القطع.

٤- الزجاج ذو البريق Flashed Glass: وتنطبق تلك التسمية على نوع من الزجاج يصبغ بطبقة رقيقة من اللون من جانب واحد، وذلك في المرحلة التي يكون فيها الزجاج سائلاً، وفي أعمال حفر الزجاج etching أو الرش بالرمل sandblast تُزال الطبقة الرفيعة الرقيقة الملونة؛ لتسمح للضوء الصافي بأن يظهر في التصميم، ويقطع هذا النوع من الزجاج من الجانب الشفاف.

٥- الزجاج Frosted Glass: وهو نوع من الزجاج المعتم له خاصـية امتـصاص الضوء وتستخدم في صناعته طريقة التسخين والتبريد علـى التـوالي، ويندر استعماله في الأعمال الفنية نظراً لأن معظم أنواعه تتطلب مهارة فـي القطـع بالإضافة إلى أنه باهظ الثمن (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢م، ص ص ٤٠- ٤١).

**مراحل تطور فن الزجاج الملون المؤلف بالرصاص Stained Glass:**

**المرحلة الأولى:-**

وتعد النماذج الأولى لهذا الفن كما يرى (زينهم، ١٩٩٥م):

أصبحت تتمثل في تقطيع الزجاج الملون قطّعاً صغيرة، كل لـون علـى حـدة حسب التصميم المعد وتوضع هذه القطع بجوار بعضها البعض على طبقة مـن الاسبيداج، بحيث تترك فراغات بين كل قطعة تخانات مختلفة كما يريد الفنـان، ثم يصهر الرصاص في بوتقة خاصة تصب علـى الحـشوة المعـدة فيجـري الرصاص وهو منصهر بين الفراغات التي قام الفنان المنفذ بتركها بـين قطـع الزجاج؛ حتى يحيط بكل قطعة من قطع الزجاج ثم يترك بعد ذلـك فتـرة مـن الوقت حتى يتم تبريده، وتزال قطع الرصاص الزائدة بعد ذلك وينظـف جيـداً، غير أن هذا العمل قد يعرض قطع الزجاج للكسر؛ حيث أن الزجاج فـي هـذه الحالة يكون في درجة الحرارة العادية، أما الرصاص فيكون في درجة حـرارة الانصهار. وظلت هذه الطريقة- التي بدأ استخدامها في القرن التاسع الميلادي- مستمرة لعمل الزجاج المؤلف، إلى أن عرفت طريقة تجهيز أعواد الرصـاص، وذلك في نهاية القرن الثاني عشر من الميلاد" (ص٤٥).

ويضيف (سالم، ١٩٨٢م):

" إن هذا النوع من الزجاج المؤلف بالرصاص يقـوم علـى بنـاء التـصميم باستخدام قطع من الزجاج الملون وتجميعها بشرائط خاصة من الرصاص على هيئة حرف H ،ثم يثبت داخل هيكل معدني تحدد مساحة الفتحة المعمارية قمة استخدام هذه التقنية وازدهارها مرتبطاً بالعمارة القوطية التـي تحولـت فيهـا الجدران إلى فتحات عملاقة متتالية غطيت بالزجاج المؤلف بالرصاص" (ص٩٧).

وجوهر هذه التقنية كما يتحدد من خلال الأعمال الكلاسيكية أنه تصوير للزجاج وتصوير على الزجاج في نفس الوقت، وهو تحديد أساسي من حيث القيمة الفنية يفرق بين أعمال احتفظت بهذا المفهوم عن غيرها من أعمال استخدمت الزجاج المؤلف بالرصاص أيضاً في مراحل تالية.

**<u>المرحلة الثانية</u>: وهي الفترة من القرن الرابع عشر:-**

كان للتغيرات الفكرية والروحية والاجتماعية التي سادت القرن الرابع عشر الميلادي أكبر الأثر في تراجع المستوى الفني لتلك الفترة عن المستوى في الفترات السابقة نتيجة ضعف الوازع الديني وقلة الاهتمام بالموضوعات الدينية والاهتمام بالعروش والمظلات والأبراج، وأفرغ الفنان اهتمامه في الإفراط في دراسة النباتات والأشكال الهندسية، وتميزت تلك الفترة عن الفترة السابقة بأن نوافذها أصبحت خفيفة الوزن بسبب كبر مساحات جزئياتها وتقسيماتها الرأسية، حيث استعاض الفنان عن التقسيمات الفرضية بالسندات Saddel Bar، وهي عبارة عن قطع رفيعة من الحديد المبروم تركّب أفقياً على مسافات متقاربة، كما تميزت تلك الفترة باستخدام الصبغة الصفراء Sitver Stains أو صبغة الفضة المخلوطة بمسحوق الكروم، وقد ساعد انتشار الصبغة الصفراء في الخلفيات الهندسية الشفافة، ويعتبر أسلوب القرن الرابع عشر مزيجاً من الفن القوطي والفرنسي والتأثيري الإيطالي، حتى أن الفنان في تلك الفترة قد مزج بين تلك الفنون وبعضها (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٣٩).

**المرحلة الثالثة:-**

وتمتد من نهاية القرن الرابع عشر حتى نهاية القرن الخامس عشر، وكانت الموضوعات المنفذة بالزجاج في هذا القرن قد انصبت على النقل من الأيقونات ونسخها في أغلب الأحيان، كما هبطت الروح الفنية والخيال الفني لدى مصوري الزجاج، وأخذت الروح الدينية يبحث عن معان جديدة للتعبير الفني، وكانت الأعمال

في ذلك الوقت توضح أن التصوير المبكر أو الإدراكي لدى مصوري الزجـاج لـم يغفل في هذه الفترة، خاصة بعد أن ساعد ارتفاع النوافـذ علـى تـدعيم العـروش والمظلات بمجموعة عن الأقواس والإشارات الرمزية التي تساعد على حـل تلـك المساحات، حيث كانت الأشخاص والقديسون غالباً ما يكون وضعهم في منتـصف الحشوة، وقلت الزخارف والنقوش التي كانت تستخدم في الخلفيـات والأرضـيات بحيث أنها أصبحت في أغلب الأحيان عبارة عن مستطيلات طويلة وعرضية خلف الأعمال والأشكال المنفذة في التصميم (زينهم، ١٩٩٥م، ص ص ٤٠- ٤١).

**زجاج عصر النهضة وما بعده (( القرن السادس عشر والسابع والثامن عـشر والتاسـع عـشر)) وينقسم إلى:**

**أ- زجاج القرن السادس عشر:عصر النهضة**

ظلت تلك الصناعة خاضعة للقوانين والتوجيهات من قبـل الكنيـسة ولكنهـا تطورت من حيث الاتجاه التقني، فأصبحت قطع الزجاج أكثر نعومة وأكبر حجمـاً وظهر الزجاج ذو الطبقتين الفلاش، بحيث أصبح الفنان يزيل الطبقة الملونـة عـن طريق الخدش ليظهر الطبقة الشفافة، وظلت الموضوعات على بساطتها، كما أقبـل الفنان على استخدام الملونات والأكاسيد والصبغات مما أدى إلى تقليد الطبيعة فـي طيات القماش واستدارة الأجسام والتشريح والظـل والنور مما جعل اللوحة مشابهة للوحات التصوير الزيتي، الأمـر الذي أفقد الزجـاج شفافيتـه (زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ص ٤١- ٤٢).

**ب- زجاج القرن السابع عشر:**

بعد ظهور صناعة التصوير بالملونات والطلاءات المعدنية على الزجاج ممـا أسعد نفوس رجال الدين في ذاك الوقت، فجعل الفنانون يندفعون إلى تقليد التـصوير الطبيعي على الزجاج، ولقد أفادت هذه الألوان بشكل خاص في الحشوات الـصغيرة

حيث لم تقم عملية التعشيق بإعطاء التفاصيل التي يرغب الفنان في عملها لإمكاناتها المحدودة (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٤٢).

**جـ- زجاج القرن الثامن عشر:**

وفي هذا القرن تم التوصل إلى صنع الزجاج الفلاش الأحمر بدرجاته المختلفة، كما تم أيضاً اكتشاف بعض الأحماض التي تساعد على تآكل الطبقة الملونة لتعطـي اللون الشفاف، وبعد التأكد من نجاح تلك التجارب التي بدأت تغزو أعمال هذه الفترة ظهرت بعض العائلات التي تعمل في مجال الزجاج المؤلف بالرصاص مثل عائلـة وليم والتي نفذت الشبابيك الخمس الموجودة في الجنوب في كنيسة الكلية الملكية في أكسفورد (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٤٣).

**د- زجاج القرن التاسع عشر:**

يطلق على هذا الزجاج الفيكتوري نسبة إلى الملكة فيكتوريا، والاهتمام الزائـد منها بالإصلاحات التي تمت في الكنائس القديمة والاهتمام الكبير بالعمارة القوطيـة، الأمر الذي جعل الإقبال يشتد على منفذي الزجاج في تلك الفترة مما جعل الفنـانون مصممي الزجاج يستعينون بتصوير العصور الوسطى (ص ٤٣).

**الزجاج في العصر الحديث والقرن العشرين**:

ودخولاً على عصرنا الحالي وقبل أن نودعه دخـولاً علـى القـرن الحـادي والعشرون، لم يرتبط فنان هذا العصر بالمباني الدينية بل عايش العمـارة الحديثـة، وقد استطاع الفنان أن يوجد الوحدة والتآلف بين التصوير والمسطحات في العمارة، وكان لكل فنان رؤية ووجهة نظر خاصة قد تشترك أو تختلف مع الفنانين في هـذا المجال، ولكنهم اشتركوا في دقة وجودة العمل -التقني- للزجاج المؤلف بالرصاص، والاستعانة بالعديد من الخامات الأخرى لتحل محل الرصاص في بعـض الأحيـان وخاصة في الواجهات المعمارية الكبيرة لكي تعطي الإحساس بالكتلة والـشكل فـي الواجهات المعمارية، وذلك عن طريق استخدام الحديد في التشكيل مع الزجاج فـي

بعض الأحيان وقد اهتم بعض الفنانون في مختلف الاتجاهات الفنية الحديثة كالمدارس الانطباعية والتكعيبية والتجريدية بهذا الفن وأعادوا إليه شبابه ونهضته ومن أهم هؤلاء الفنانين ماتيس وشاجال.

**فتحات النوافذ وتأثير الضوء:**

منذ بدأ الإنسان في إنشاء سكناه وهو يحرص كل الحرص على أن تصبح له علاقة قائمة بالطبيعة والفراغ الخارجي من خلال فتحات النوافذ، وتعتبر النافذة هي الوسيلة الأولى للتهوية والإضاءة داخل المسكن إلى جانب الأبواب وتختلف أنواع النوافذ وأشكالها باختلاف البيئة والغرض المطلوب تحقيقه منها.

**الضوء النافذ من فتحات النوافذ:**

تمدنا النوافذ على اختلاف أنواعها ومواقعها ومسطحاتها المختلفة بالإضاءة الطبيعية الداخلة للمكان، وتمدنا بالإضاءة أيضاً الفتحات ذات الطبيعة الخاصة مثل الشمسية، المنور، الشخشيخة، حيث أن الإضاءة تختلف من بيئة لأخرى ومن موقع لموقع ومن واجهة إلى أخرى، لذلك يجب أن تختلف معالجة فتحات النوافذ حسب البيئة والموقع والواجهة التي تقع فيها، ومن هنا من الأهمية فهم الاستراتيجيات الأساسية للإضاءة الطبيعية بالنسبة للنافذة والفتحات ذات الطبيعة الخاصة، وكذلك الوسائل المختلفة لحجب الضوء أو التحكم فيه بمعدلات إضاءة طبيعية تحقق الراحة البصرية، ولقد أراد فاساريللي أن يضرب مثلاً على إمكانية استخدام الأشياء ذات النفع المادي في العمارة من الناحية الجمالية، فاختار نوافذ المباني فهي مخصصة للإضاءة والتهوية إلا أنها إذا عولجت بلمسة من الفن شكلاً ومادة يمكن أن يكون لها وظيفة تشكيلية لا تقل أهمية عن وظيفتها المعمارية، ففي النهار تلقى ضوء ملوناً داخل المبنى حيث يركب فيها الزجاج الملون، أما في المساء فتصدر الضوء إلى الخارج بأشكالها المتنوعة وحركة الإضاءة المتغيرة نتيجة الإضاءة والإطفاء في الداخل (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص١٥١- ١٥٢).

ونلاحظ أن هذه النظرية تنطبق تماماً على الشمسيات والقمريات التي اتبعهـا الفنان المسلم، الذي استطاع بذكائه أن يتحكم في كمية الإضاءة بالاهتمام بالتناسـب بين مسطحات الزجاج الملون والجص في التصميم حسب كمية الضوء المراد تخلله داخل المكان، بشغل سطح الزجاج أغلب مساحة التصميم مما يساعد على نفاذ أكبر كمية من الضوء، وفي بعض الأحيان تتعادل مسطحات الزجاج مع الجص مما يقلل نسبياً من كمية الضوء وقد تغيب مساحة مسطحات الجص على التصميم مما يكـسر عن حدة الضوء ويضيف (فتحي، ١٩٧٧):

> "أن المهندس الأوروبي قد لجأ إلى عمل الجدران الزجاجية من أجـل الرؤيـة فاستخدمت الحوائط الزجاجية في العمارة الحديثة كحواجز شـفافة بـين داخـل المبنى للربط من الفراغ الداخلي والفراغ الخارجي، إلا أنه أغفل عامل الحرارة ولمعالجة هذا النقص ابتكر ما أسماه بكاسرات الشمس التي تعمل بألواح معدنية أو غيرها ولكنها تشع المزيد من الحرارة إلى الداخل" (ص٥٢).

**النافذة في العصور الإسلامية**:

أضفى التطور التقني في عصرنا الذي نعيش فيه أثره الواضح علـى عمـارة القرن العشرين فأمطر المتخصصين بوابل من خامات سابقة التجهيز "خاصـة فـي العمارة " قابلة للتطويع والتشكيل تناسب أغراض مختلفة كانت نتيجة توظيفها تأثرها بها شكلاً وأداء.

**العقيدة الدينية وأثرها في تصميم نافذة المسكن الإسلامي**:

إن الكثير من العناصر التي تميز العمارة الإسلامية يمكن فهمها علـى ضـوء الاعتبارات الثقافية الاجتماعية والتي هي من نتاج العقيدة الدينية.

فالبيت ورد في القرآن الكريم بمعنى السكن، وأراد القـرآن أن يحـدد للبيـت حرمته وخصوصيته. ﴿ **يا أيها الذين آمنوا لا تدخلوا بيوتـاً غيـر بيـوتكم حتـى تستأنسوا وتسلموا على أهلها ذلك خير لكم لعلكم تذكرون**﴾ [النور ج١٨- آية٢٧].

أما الأبنية العامة فالأمر يختلف ﴿ **ليس عليكم جناح أن تـدخلوا بيوتـاً غيـر مسكونة فيها متاع لكم وا  يعلم ما تبدون وما تكتمون**﴾ [النورج ١٨ آية ٢٩].

وقد حدد الإسلام للمسلم طريقة معيشته وسلوكه وعلاقاته الاجتماعية وقد أثـر هذا بلا شك على تصميم مسكنه وعناصره المعمارية كما عدد العلاقات بـين هـذه العناصر وطريقة توزيعها، فالحديث الشريف يقول: **(أن رسول ا  ﷺ قـال: إيـاكم والجلوس في الطرقات. فقالوا: يا رسول ا  إنما هي مجالسنا نتحدث فيها، قـال: فإذا أبيتم إلا المجالس فاعطوا الطريق حقها فقالوا: وما حق الطريق؟ قال: غـض البصر، وكف الأذى، ورد السلام، والأمر بالمعروف).**

ومن هنا كان لابد للمسلم من الاتجاه للداخل، وعلى هذا ينبغي أن يتوفر عنـد تصميم المسكن الإسلامي تحقيق درجة عالية من الخصوصية للأسرة داخل مسكنها، ذلك مع توفير سبل الراحة والرفاهية والتهوية والإضـاءة اللازمـة وخـصوصية المسكن، وتنقسم تلك الخصوصية إلى نوعين: خـصوصية خارجيـة وخـصوصية داخلية، وتتمثل الخصوصية الخارجية في حماية المسكن من أعين وسمع الغربـاء، بحيث يصبح المسكن ككل وحدة مستورة ومصانة سواء من خلال حوائط المسكن أو أسواره أو فتحاته (أبواب، نوافذ)، ويؤثر هذا على التشكيل العام للمـسكن وتوجيـه كافة عناصره كالآتي:-

١- المسكن موجه إلى الداخل        ٢- المسكن غير منظور داخله مـن الخـارج.
(هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٥٣- ١٥٤).

**فتحات النوافذ في المسكن الإسلامي**:

تعتبر النافذة أحد أنواع الفتحات في العمارة الداخلية وهي تفصل بـين البيئـة الداخلية والبيئة الخارجية، وهناك أنواع كثيرة من الفتحـات مثـل ملقـف الهـواء والشخشيخة والمنور، وهي بدورها تتعامل مع عوامل البيئة الخارجية مثل: الريـاح وأثرها على التهوية، الإشعاع الشمسي وأثره علـى البيئـة الحراريـة والـضوئية

بالداخل، وكان المعماري المسلم إلى جانب حرصه على تحقيق الفتحات لوظائفها يحرص على إضافة قيمة فنية تشكيلية لكل عنصر من عناصر عمارته، ويتميز بعدم التماثل في مواضعها بالواجهة فنجد أنفسنا أمام تكوين تشكيلي رفيع، وليس أمام واجهة بها فتحات متماثلة في مساحاتها ومواضعها أيا ما كان النشاط الممارس خلفها، وأياً ما كان اتجاهها، كما في بعض النماذج للعمارة المعاصرة حيث التماثل الممل تشكيلياً، والتشابه غير المنطقي وظيفياً للفتحات في الواجهات المختلفة في المبنى الواحد ووظيفية مما وضحت بصمته على التصميم الداخلي والخارجي للعمارة، ولعل أبرز تلك الخامات في صدد الحديث عن النوافذ الألومنيوم والزجاج والراتنجات المختلفة. حيث أوجدت حلولاً كثيرة لم تحل من قبل (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ١٥٤).

ولقد تأثر بالتالي شكل النافذة تبعاً للتطور التقني والفكري والتنظيري الحديث فتعدل مفهوم النافذة من مرورها للضوء والهواء فقط إلى أنها أصبحت وسيلة اتصال جماهيري، وأكثر من ذلك أن بعض الكتاب ربط بين النافذة وكوسيلة اتصال جماهيرية وبين التلفزيون كوسيلة اتصال وأوجد بينهما علاقة.

لكن لو أخذنا بتعريف الشباك وهو ما تشير إليه معظم القواميس العربية والأجنبية على أنه: "الفتحة النافذة في الجدار ووظيفتها إدخال النور في النهار وإدخال الهواء عند الحاجة إليه إلى القاعات المسكونة وإلى السكان الموجودين داخل الجدار" لأنه بذلك معنى شباك حتى شمل كل الفتحات التي لها نفس الوظائف حتى عدت المشربية الإسلامية من ضمنها.

ومما سبق يتضح لنا أن النافذة قد زاد الاهتمام بها على النحو المقصود في كبر حجمها، فأصبحت غالباً ما تصل بين حائط وآخر من السقف إلى الأرض، ولم تعد أهمية الفتحات في العمارة قاصرة على إدخال الضوء والهواء، بل تعدت ذلك إلى تحقيق الصلة بين الفراغ الداخلي والخارجي والسماح لهذا الأخير بأن ينساب إلى

الداخل في سهولة ويسر، وهو الأمر الذي بلغ مداه "بتحويل الجدران الداخلية إلى غلاف زجاجي" أو مسطح الزجاج مما جعل العمارة توصف بالشفافية Trancperancy أحياناً والأثرية أو إنعدام أحياناً أخرى (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٥٤- ١٥٥).

**دور اللون داخل مسطحات الزجاج:**

من المعروف أن الزجاج الأبيض الشفاف المسطح يتكون من صهر مخلوط من الرمل والحجر الجيري والصودا، وإنه مهما كانت طرق التنقية فإن الزجاج الناتج يحتوي على نسبة معينة من أكسيد الحديد الذي يسبب اللون الأخضر للزجاج المنتج وترى (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، عن عبد الواحد) أن هذه النسبة تتراوح ما بين ٠,١٢% إلى ٠,١٧% مما يتسبب عنها ما يلي:

أ- إذا كان الزجاج ملوناً فإنه من المعروف أن الزجاج الملون يمتص كل الضوء الساقط ما عدا اللون الموجود في الزجاج نفسه وهذا يسبب امتصاص الزجاج لجزء كبير جداً من الضوء يعتمد على لون الزجاج نفسه.

ب- أن الأشعة تحت الحمراء التي تسبب الشعور بالحرارة يمتص جزء كبير منها خلال مرورها في اللوح الزجاجي وينشأ عن هذا عدم الشعور بالحرارة بعد نافذية الضوء خلال الزجاج.

ج- أيضاً من المعروف أن زاوية السقوط للضوء على سطح زجاجي تساوي زاوية الانعكاس، فإذا كان اللوح أملس فإن جزءاً كبيراً من الضوء ينفذ خلال اللوح الزجاجي وجزء آخر يمتص، وإن هذا الجزء الممتص يتناسب طردياً مع سمك اللوح الزجاجي، أما إذا كان اللوح خشناً فإن زاوية السقوط في بعض الأحيان تصل إلى الزاوية الحرجة، مما يتسبب عنها أن الضوء الساقط ينقسم إلى ثلاثة أجزاء، جزءاً منها ينعكس كلياً والآخر يمتص خلال الزجاج، أما الثالث ينفذ خلال الزجاج

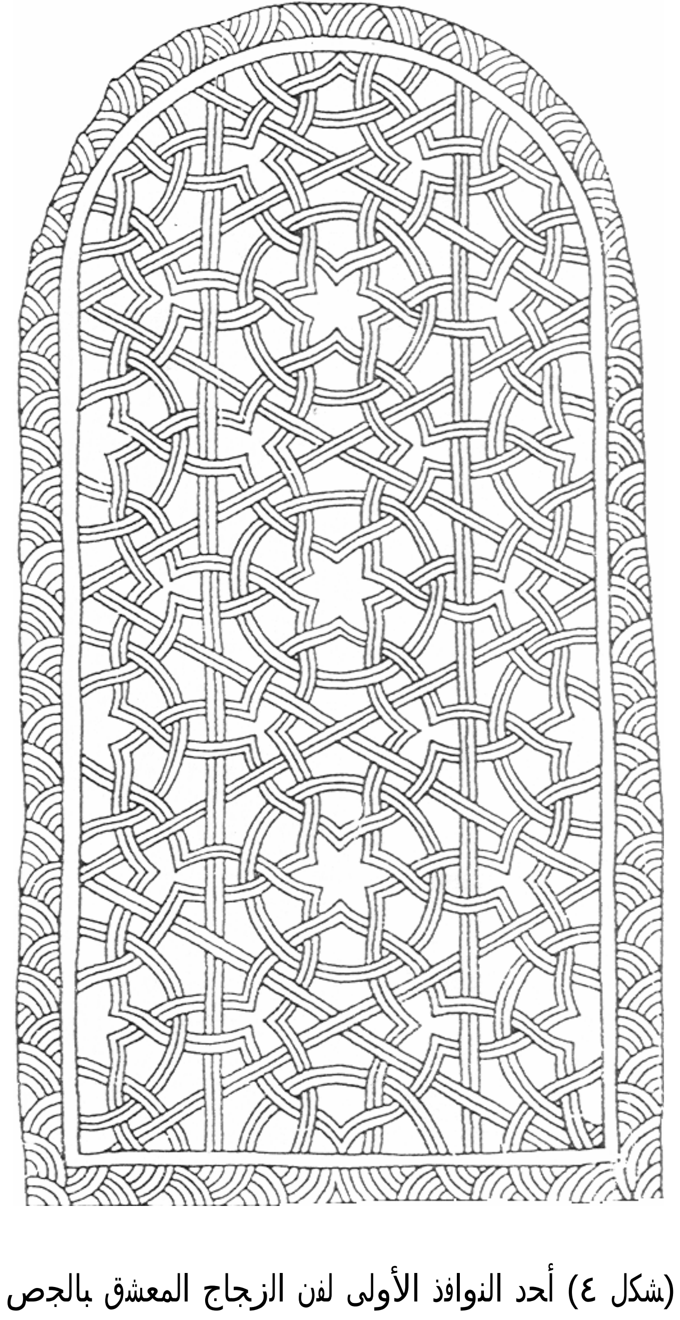
وهذا يشاهد بشكل كبير في الزجاج المصنفر، فإنه ينشأ عنه بعض الظـلال خـلال نفاذية الضـوء منها تصـل إلى درجة الإظلام عندما يكون السطح خشناً بدرجـة كبيرة (ص ص ١٥٥- ١٥٦).

**الزجاج المؤلف بالجص**:

**النوافذ ذات الزخارف المفرغة:**

تعد الشمسيات والقماري من الظواهر الزخرفية التي انتـشرت فـي العمـارة الإسلامية وصارت من مميزاتها البارزة، واستخدم هذا التوليف بين الجص والزجاج على يد المسلمين ولاسيما في مصر فيما يسمونه بالقماري والشمسيات، وهي عبارة عن نافذة صغيرة من الجص المفرغ سددت فتحاتها بزجاج ملون باستخدام العناصر الزخرفية، من النباتات والطيور والرسـوم المعماريـة أو الهندسـية أو الكتابـات الإسلامية لمعالجة الأجزاء العليا من حوائط المساجد فإذا سقط عليها الـضوء مـن الخارج نفذ يدخل المسجد بأضواء ملونة من خلال الزجاج الشفاف الملـون محـدثاً جواً روحياً شاعرياً للمكان (شكل ٤) وربما كان هذا التأثير الشاعري الـساقط مـن أعلى، هو سبب إطلاق اسم القمريات على هذا النوع من النوافذ التي كانت مهمتهـا تخفيف حدة الضوء إلى جانب إعطاء ذلك التأثير البديع.

وتعرف تلك النوافذ بالقماري إذا كانت مستديرة الشكل، وبالشمسية إذا كانـت على غير شكل الدائرة، وابتكرت لأغراض متعددة منها الدافع لتخفيف حدة الـضوء في العمارة الإسلامية، وهناك غرضاً وظيفياً آخر هو تخفيف الثقـل النـاتج علـى الأرجل، حيث نرى المسجد الطولوني فوق كل دعامة فيما بين ثقل القوسين طاقـة صغيرة، عقدها الستيني من طراز الأقواس الكبيرة ترتفع نهاياتها على ثقل القوسين الكبيرين، والغرض من تلك الطاقات تخفيف الثقل على الأرجل وإيجاد شكل جمالي في تقاطع البناء.



(شكل ٤) أحد النوافذ الأولى لفن الزجاج المعشق بالجص

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٨٢

ولقد أخذ البناؤن المسلمون عن البيزنطيين فكرة وضع قطع صغيرة مـن الزجـاج الملون متجاورة في إطار من الألواح الرخامية المفرغة، ولكن المسلمين باسـتخدام الجص بدلاً من الألواح الزخامية أتاح لهم مزيداً من الحرية في التشكيل، تمكنوا من خلالها من إنتاج عدد وافر من التصميمات الزخرفية، وتمـر اللوحـات الجـصية بأصول تقنية معروفة لإنجاز الشكل، وتتضح من تلك النوافذ أنهم كانوا على درايـة تامة بأصول التقنية بحيث تفي بالغرض المطلوب من هذا يتضح أن الزجاج المؤلف بالجص يختلف تقنياً عن الزجاج المؤلف بالرصاص وكلاهما يعالج خلق بيئة داخل وخارج العمارة وتهيئة لجو روحي.

**أولاً: الزجاج الملون المؤلف بالجبس:**

يعد الزجاج المؤلف الجبس هو تطور للتأليف بالخشب أو مخرمـات الحجـر الذي كان معروفاً في العمارة المسيحية المبكـرة، حيـث أخـذه المـسلمون عـن البيزنطيين، ويضيف (سالم، ١٩٨٢م) "أن المسلمون أبدعوا في تلك التقنية من خلال تلك التكوينات الأصلية، التي تقوم على استعمال الوحدات الهندسية والبنائية في شكل يتوازى فيه تأثير الخطوط –من الجبس- مع قطع الزجاج الملـون (ص٩٦) ومـن النماذج المبكرة لاستخدام هذه التقنية في العالم الإسلامي يضيف (سالم، ١٩٨٢)

> " تلك الأعمال التي عثر عليها في قصر الخليفة الأموي هشام بن عبـد الملـك المتوفي في ٧٤٣م في (خربة المفجر) بالأردن، وقد تواصل استعمال هذه التقنية حيث لاقت نجاحاً خاصاً في مصر خلال القرنين الثاني عشر والثالـث عـشر الميلادي ويطلق على هذا النوع من الزخرفة الإسلامية اسم القمريات، وربمـا كان هذا التأثير الشاعري الساقط من أعلى هو سبب إطلاق اسم القمريات علـى هذا النوع من النوافذ، التي كانت مهمتها تخفيف حدة الضوء إلى جانب إعطـاء ذلك التأثير البديع" (ص٩٦).

ويجدر بنا أن نتعرض للغرض الذي تستخدم فيه هذه النوعية من الأعمال الفنية الزجاجية حيث ترتبط تلك التقنية بالعمارة والفتحات المعمارية العمـارة الإسـلامية

والعربية على مختلف طرزها ودولها، والعمارة بصفة عامة خاصة الإسلامية ليست منعزلة كعلم وفن عن حياة الإنسان وعما يشكل بداخلها وعلاقتهـا بالخـارج، فـي عضوية ووحدة فنية تعكس ثقافة وبيئة هذه البقعة زمانياً ومكانياً من معتقدات دينيـة وعادات اجتماعية، تختلف من مجتمع لآخر وكذلك يختلف غرض كل مبنى حـسب الوظيفة التي يؤديها، فالمسجد يختلف عن المنزل والنادي والمستشفى في كـل مـن الشكل والوظيفة رغم أن الأسس الإنشائية العلمية لأي منهم ليست محل خلاف.

ودائماً يتبادر إلى الذهن عند ذكر القمريات والشمسيات عبر التاريخ والعمـارة الإسلامية التي ترتبط بها هذه التقنية، والقمريات والشمسيات أحد العناصر البـارزة في المباني العربية والإسلامية والتي وظفها الفنان لإيجاد علاقة تجمع ما بين القيمة الجمالية والنفعية، فإحدى وظائفها منع الحشرات التي تتسلل من خارج المبنى إلـى داخله، وهي بهذا تحقق مبدأ أمنياً يتعلق بحياة الإنسان كما أنها ترشد كـم الـضوء الداخل إلى المكان، وتمنع الأتربة ومتغيرات الرياح وهبات الهواء على مدار العـام وهي تخفف الأحمال على الأعمدة الحاملة للعقود.

ومن هذا يتضح أن لها قيمة وظيفية أساسية نفعية إلى جانب القيمـة الجماليـة التي تتصل بالإنشاء من جانب وتتصل بالتصميم الداخلي للمكان من جانب آخر غير مغفلة للجوانب الروحية بما تعطيه من سكينه وروحانية للمكان.

**الاعتبارات التقنية:**

أول ما يقوم به الفنان والمصمم تجاه تنفيذ هذه التقنية دراسة المكـان دراسـة جيدة، حيث أن ارتفاع الحشوة عن مستوى النظر له دراسة علميـة لزاويـة حفـر القمرية أو الشمسية، فزاوية الحفر للشمسية في مستوى النظر تختلف عنها في حالة ارتفاع الفتحة لثمانية أمتار أو أكثر، حيث يراعى ذلك عند حسابات التـصميم كمـا يضيف (زينهم، ١٩٩٥م) أن عدم مراعاة ذلك يسبب عدم رؤيـة فتحـات الزجـاج الملون المتألفة بل تشاهدها العينان بلاطة معتمة من الجبس، ويرى الباحث أن زاوية

الحفر في بلاطة الجبس يمثل أهمية في تحديد زاوية الضوء الساقط في داخل المكان كلما ارتفعت الحشوة ونخلص إلى أن كل مبنى يفرض على المصمم بعض العناصر كما يرى (زينهم، ١٩٩٥م) أنه يتحتم على المصمم أن يراعي اختيار العناصر بحيث تكون ملائمة لمعتقـدات وعادات ووظيفية المكان، وموقع الفتحـة وكـذلك البيئـة المحيطة بالعمل (ص٩٥).

**تاريخ نشأة تقنية الزجاج المؤلف بالجص**:

بحث فناني الزجاج عن التوافق بين كل من الخامة والمناخ في الشرق والغرب على السواء، فبينما نرى انتشار القمريات والشمسيات في الـشرق، نجـد انتـشار استخدام الرصاص في الغرب.

وهذا يؤكد التوافق بين كل من الخامة والمناخ في الشرق والغـرب حيـث أن معدن الرصاص مقاوماً متغيرات البيئة الأوروبية من الرياح والأمطار والمـستمرة مما لا يؤثر عليه من حيث التمدد، الأمر الذي نرى معه ندرة هذه التقنية في الشرق قديماً نظراً للآثار الجانبية التي تحدث من تغير في الشكل أهمها الانبعاج.

وبعد أن تمكن الفنان من التغلب على العوامل البيئية المناخية وتوافق الخامـة معها، فإن انتقاء واختيار العناصر أيضاً مع المكان له تأثير أيـضاً علـى تـصميم موضوع الفتحات المعمارية العربية الإسلامية، حيث تحث العقيدة الإسلامية السمحة على ضرورة الالتزام باستخدام المجردات من العناصر الهندسية والمعمارية، وأحياناً النباتية إلى جانب الكتابات والبعد عن التشخيص والمحاكاة ومـا فيـه روح مثـل الطيور والحيوان والإنسان، ووضع هذه العناصر في غير دور العبادة.

وعلى العكس من ذلك فإن كنائس الغرب تهتم بإبراز القـصص الـديني مـن الإنجيل وتصوير القديسين مستخدمين في ذلك التشخيص دون حساسية، ومـن هنـا نرى أن العناصر واختيارها تختلف من مكان إلى مكان ومن زمان إلى زمان ومـن ديانة إلى أخرى.

ولقد كان ابتكار هذه الشمسيات والقمريات بدافع من الرغبة في تخفيـف حـدة الضوء في القصور التي شيدها الخلفاء بالشام، ثم استعملت في المساجد ذات الصحن المكشوف للغرض نفسه ثم انتشر هذا النوع من الشبابيك في العمائر الدينية، وتعرف هذه الشبابيك عادة باسم القمرية إذا كانت مستديرة الشكل وباسم الشمسية إذا كانـت غير مستديرة.

ولقد صنعت تلك الحشوات أحياناً من ألواح من الحجر والرخـام أو الجـص، وزخرفت بتفريغ الزخارف فيها وكانت زخارفها هندسية في أول الأمر ثم تخللتهـا النباتية والكتابية، وطورت تلك الألواح المفرغة بوضع قطع من الزجـاج الملـون سدت بها الأجزاء المفرغة فبرزت زخارفها وجمال تكوينها، ويبدو ذلك واضحاً إذا شوهدت من داخل المبنى وتمثل مادة الجص أو الجبس Gypsum الهيكل الأساسـي للنافذة (إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص ص ١٢٦- ١٢٧).

**مكونات الجص (الجبس):**

على الرغم من أن الجبس يوجد في الغالب على صورة كتل مبعثرة تتألف من بلورات مجمعة بلا نظام ولا تبدي في النحت نفعاً بالكلية فإنه يوجـد أيـضاً علـى صورة مدمجة شبيهة بالصخر، ويتكون الجص كيميائيـاً مـن كبريتـات الكالـسيوم Hydrated Calcium Sulphatic ورمزها ($CaSo_4\ 2H_2O$) ويحتـوي علـى ٣٢,٥% أكسيد الكالسيوم ، ٤٦,٦٤% ثالث أكسيد الكبريت علاوة على ٢٠,٩% ماء، وكثيراً ما يوجد الجبس مختلطاً مع الأنهيدريت في نفس الرواسب بدرجات متفاوتة.

والأنهيدريت عبـارة عن كبريتـات الكالسيوم، ويتكـون من أكسيد الكالسيوم و٥٨,٨% ثالث أكسيد الكبريت.

والجص النقي أبيض اللون، ولكنه غالباً ما يكون رمادياً أو تشوبه درجة من اللون الأحمر أو البني لوجود شوائب. فهو لا يكون نقياً أبداً عند استخراجه بل يحتوي على نسب متباينة من كربونات الكالسيوم ورمل الكوارتز مع مقادير صغيرة من أكاسيد الحديد والألومنيوم.. إلخ، لذا يحرق الجبس أو الجص عند درجة حرارة تتراوح بين 100°م- 200°م غير أنه يحتفظ بالحرارة في الغالب عند درجة حرارة 130° م، وهي درجة تدرك بسرعة وليست بالارتفاع الكافي لتحويله من كربونات كالسيوم إلى جير حي.

والجبس كبير الشبه في مظهره بالمرمر (الكلسيت Calcite) الذي هو عبارة عن كربونات كالسيوم وكثيراً ما يسمى الجبس مرمرا، والجبس أكثر ليونة من المرمر (Calcite) فيمكن خدشه بظفر الإصبع في حين أنه لا يمكن خدش المرمر بأي مادة أقل صلابة من الفولاذ أما النوع اللامائي من كبريتات الكالسيوم وهو (الأندريت) فصلابته تقرب من صلابة الكلسيت (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٦١- ١٦٢).

**أنواع الجبس**:

**أ- الجبس الطبي:**

ويتم استعماله في الأغراض الطبية ومن أنواعه (جبس سريع الشك- متوسط الشك- وبطئ الشك)، ويمر جميعه في المنخل القياسي وأزمنة الشك* مختلفة حسب النوع، ويسمى الجبس المندمج Compact من حبيبات دقيقة باسم الألبستر Alabaster وفي إنجلترا يسمى الجبس باسم حجر الملاط Plaster Stone ونظراً لاستخدامه في الأواني Potteries لعمل القوالب Molds فيسمى حجر الأواني Potter's stone.

* يقصد بزمن الشك الفترة الزمنية اللازمة لتحول الجبس بعد خلطه بالماء من الحالة السائلة إلى حالة الصلابة.

ولقد تطور استخدام الجص في إنجلترا على يـد المهنـدس بيـركن هـاورد فاستخدمه في الواجهات الداخلية والخارجية بدلاً من البلاطات الخرسانية على هيئـة بلاطات وحدات زخرفية، فأعطت تنوعاً وتعبيراً على مقاييس أوسع مـن طريقـة الركام المكشوف وقد تطور هذا الاتجاه في إنجلترا وأوروبا وأمريكا بإنتاج وحـدات زخرفية جاهزة تجارياً.

أما في إيطاليا وخلال عصر النهضة Renaissance عرفت طريقة سجرا فيتـو Sgraffito وهي نوعية خاصة من أعمال التلييس عالية القيمة الزخرفية ويـتلخص هذا التكنيك في إجراء طبقتين إلى ثلاثة طبقات رقيقة من التلييس بألوان مختلفة ثـم تقطع مساحات خاصة بعمق واحداً لاثنين لإعطاء تشكيل تلويني ثلاثي الإحداثيات.

**ب- جبس المصيص:**

ويمكن تصنيعه على درجتين (سريع الشك أو بطيء الشك) وبنـوعين ناصـع البياض أو رمادي، النعومة يمر جميع الجبس في المنخل القياسي ولا يبقى منه سوى ٤% من وزنه، زمن الشك ما بين ٢٠ إلى ٤٠دقيقة.

**جـ- جبس تشكيلي Modeling Gypsum:**

وهو جبس بطيء الشك يستعمله الفنان لعمل التماثيل ممهداً لعمل تمثاله الخاص من الرخام كما يستعمل في أعمال الديكور (الكرانيش وحليات الحوائط)، ويكتـسب درجة نعومته يمر من خلال المنخل القياسي ولا يبقى أكثر من ١٠%، وزمن الشك لا يقل عن ٢٠ ولا يزيد عن ٤٠ دقيقة (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ١٦٣).

**أماكن توافر الجبس ( الجص):**

تنتشر محاجر استخراج مادة الجبس من المقاطع الجبلية، وهي عديدة ومنتشرة في طبقات من الحجر الجيري، على صورة تركيب صخري، خـام الجـبس مـادة طبيعية تختلف إلى درجات في لونها وتركيبها، ومن ثم في درجة جودتهـا فيوجـد

اللون الأبيض ودرجات منه تميل إلى الغامق أو البني الفاتح أو الأزرق، وهو النوع الجيد بالنسبة للأنواع الأخرى، من حيث صفاء لونه بعد الحرق وقابليتـه للتـشغيل ومتانته بعد الاستعمال، ويتولى أعمال استخراج الأحجار المتعهد للجبـل، بواسـطة الحفارات اليدوية الهزازة، وإعداد من العمال والشاحنات بحيث يتم نقـل الأحجـار باتجاه الأفران "المحارق". ويتواجد الجبس في منطقة نجد وفـي جميـع المنـاطق بالمملكة العربية السعودية، كما تعرف عليه سكان القرى وانتشر بينهم واسـتخدموه في تجميل منازلهم ومساجدهم.

**تفاعـل الصـلب**:

يقول (زينهم، ١٩٩٥) " أن جميع المستحضرات الجبسية تعطي نفس التفاعـل عند مزجها مع الماء لأنها تتكون من كبريتات الكالسيوم منزوعة الماء تتحول إلـى كبريتات الكالسيوم المائية وبإضافة الماء يرافق هذا التفاعل الذي هو عكس تفاعـل التحضير مقداراً محسوساً من الحرارة يبلغ 20°م" (ص ٧٠).

$$CaSo_4\ ½\ H_2O + H_2\ O_2 \qquad CaCO_4 + ½\ H_2\ O + H_2C_2 + Heat$$

ففي بداية التفاعل تتكون بلورات صغيرة تنمو تدريجياً وتكبر في البداية علـى هيئة عجينة يسهل تكييفها وتشكيلها ثم تنفش تدريجياً.

**زمـــن التصلب**:

إن الوقت الذي تمر به هذه العملية الكيميائية اعتباراً من لحظة بـدء المـزج وحتى تصلب الكتلة، ويسمى زمن أو وقت التصلب Setting time ولتوضيح وقـت التصلب يمكن تقسيمه إلى مرحلتين:

١- وقت التصلب الأولي Intial setting time

٢- وقت التصلب النهائي Final setting time

ويمثل زمن التصاب الأولي لمستحضرات الجبس زمن العمـل (Working time) والذي نستطيع فيه استعمال المـزيج وصـبه وتـشكيله دون أن يتفتـت، وطبقـاً للمواصفات العالمية فإن زمن التصاب الأولي يكون بين ٧- ١٣ دقيقـة مـن بـدء المزيج، أما زمن التصاب النهائي فهو الوقت الذي نستطيع عنده فصل المزيج مـن الطبعة دون تشوه أو تكسره، والذي عنده ينتهي التفاعل الكيميائي علمياً، ومن خلال التجربة يجب عدم فصل القالب عن النسخة قبل أن تمضي فترة تتـراوح ٤٥- ٥٥ دقيقة.

تبين مما سبق أن جميع المستحضرات الجبسية لا تختلف عن بعضها كيميائيـاً فجمعيها كبريتات كالسيوم، وتتفاعل مع نفس الكمية من الماء غير أنها تختلف عـن بعضها فيزيقياً، ومن الناحية النظرية فإن كل ١٠٠جم من كبريتات الكالسيوم وحيدة الماء تحتاج إلى ١٨,٦سم من الماء، وبهذا تكون نسبة الماء إلى المـسحوق ٠,١٨٦% غير أن هذه النسبة ليست كذلك من الناحية العملية إذ تتـراوح بـين ٠,٤٥- ٠,٥٥ للجبس السني و٠,٣٠ – ٠,٣٥ للجبس الحجـري الـسني و٠,٢٠- ٠,٢٥ للجـبس الحجري المحسن، وتأتي النسبة من زيادة استعمال الماء عن الكمية المطلوبة لإنجاز التفاعل الكيميائي وتعرف بالماء الزائد، ويعمل هذا الماء الزائد على ترطيب دقـائق مسحوق كبيرتات الكالسيوم وحيدة الماء مما يمكنها من التفاعل وتكـون البلـورات مضاعفة الماء، وتمثل كمية الماء الزائد المطلوب لمزج مسحوق كبريتات الكالسيوم أحادية الماء وتتوقف على حجم وشكل ونفاذية البلورات، فالبلورات غير المنظمـة الشكل والنفاذية تتطلب ماء أكثر من البلورات المنتظمة وغير النفيذة والكثيفة، لهـذا السبب يحتاج الجبس السني مـاء أكثر من الجبس الحجـ ـري المحـسن (زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ص ٧١- ٧٢).

**العوامل المؤثرة على وقت وزمن التصلب:**

هناك ثلاثـة طرق نستطيع بها التحكم في وقـت التصاب أوردهـا (زيـنهم ١٩٩٥) كما يلي:

١- زيادة أو نقصان حاصل إذابة كبريتات الكالسيوم أحادية الماء فإذا زادت الإذابة ذاد معدل الجبسين للبلورات والعكس صحيح.

٢- زيادة أو نقصان عدد نوى التبلور، فزيادة النوى تؤدي إلى زيادة تكون بلورات الجبسين والعكس صحيح.

٣- زيادة أو نقصان معدل نمو البلورات، فزيادتها تعني تعجيل زمن التصلب، إمـا عملياً فالتحكم يتأثر إما بتركيب الفيزيائي أو الكيميائي للمستحضر الجبـسي أو بطريقة استعماله. (ص٧٢).

وبالإضافة إلى ما سبق فإن هناك مجموعة عناصر لها تأثيرها علـى عمليـة التصلب يمكن أن نجملها فيما يلي:

- **الشوائب Impurities**

وتمثل كما يـرى زيـنهم (١٩٩٥م) " الـشوائب المتخلفـة نتيجـة التكلـيس Calcination غير الكامـل للجبـسين أو ذلـك الجبـسين الـذي يـضيفه منتجـو المستحضرات الجبسية، وتعمل على إنقاص زمن التصلب لأنها تؤدي إلى زيادة في نوى التبلور الكامنة مما يزيد في مراكز التبلور" (ص٧٢).

- **النعومة Fineness**

وبدراسة المستحضرات الجبسية وخاصية النعومة كما أوردها (زينهم، ١٩٩٥م):

" تدل على أنه إذا أصبحت شديدة النعومة لأسرع تصلبها عما هـو مـألوف، والسبب هو أنه كلما زادت النعومة يزداد مقدار انحلال المستحضر الجبسي في الماء لازدياد سطح التماس بين جزئيات الجبس والماء وبالتالي يزداد عدد مراكز التبلور في الكتلة الجبسية، فيسرع التصلب" ص٧٢.

- **زمن المزج ومعدله Mixing time and Rat**

ويضيف (زينهم، ١٩٩٥):

" أن وقت المزج ومعدله يتناسبان عكسياً مع زمن التصلب إذا ما استمر المزج لفترة أطول من الفترة الزمنية المحددة للمزج، والتي تتراوح عادة بين الدقيقـة الواحدة والدقيقة ونصف، فإن وقت التصلب سينقضي، لأن تجاوز وقت المـزج ومعدله يحطم التراكيب البلورية المتكونة لتوها، مما يهيأ نوى إضافية تـشترك من جديد في التفاعل فتسرعه، وبذا تتصلب العجينة بوقت أقصر مـن الوقـت المقرر لها، لهذا يجب أن يراعى التقني أن لا يسهو فيبقي مـسترسلاً بـالمزج بسرعة غير اعتيادية لتلافي تصلب العجينة قبل وقت استعمالها" (ص ٧٣).

- **حرارة الماء Water temprature**

بعد تفاعل مسحوق الجبس مع الماء كأي تفاعل كيميائي آخـر كمـا عـرض (زينهم، ١٩٩٥م)"

"يتأثر بالحرارة سواء حرارة الماء المستعمل أو حرارة الجو وقـد لـوحظ أن سرعة التفاعل تزداد قليلاً عندما ترتفع درجـة المزيج إلى ٣٠° م وبذلك يقـل زمن التصلب، لكن تحصيل تغيرات طفيفة بين30° - ٥٠° م، أما إذا ارتفعـت درجة الحرارة فوق ٥٠° م فيحدث العكس إذ يقل التفاعل ويطول زمن التصلب، أما إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٥° م فلا يلاحظ أي تفاعل، وهـذا التـأثر بالحرارة يؤثر على المزيج" (ص ٧٣).

**أعمال الزجاج الملون المعشق بالجص:**

يشترط في التصميم المعد للتنفيذ في الزجاج الملون المعـشق بـالجص عـدة شروط هامة ينبغي أن يراعيها الفنان القائم على التنفيذ وتعرضها (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م) كما يلي:

١- تحضير التصميم المطلوب بالحجم الطبيعي فوق المساحة المناسبة مـن أوراق الشفاف- الكلك- بحيث يتحاشى الفنان الزوايا الحادة (إلا في حالة توفر المعدات الحديثة التي تنجز قطع الزوايا الحادة في الزجاج بدون أي صعوبات).

٢- يتحاشى الفنان رسم التفاصيل الدقيقة في المشروع حيث يصعب تقطيـع قطـع صغيرة، كما يصعب تعشيق قطع الزجاج الصغيرة.

٣- يحول كل خط منفرد في التصميم إلى خط مزدوج بالإضافة خطين إليـه كـل واحد في جهة من الجهتين، بحيث تكون عروض الأشرطة متناسبة مـع حجـم القطع الزجاجية المحصورة بداخلها بمعنى أن قطع الزجاج الـصغيرة تكـون أشرطتها صغيرة وقطع الزجاج الكبيرة تكون عروض أشرطتها كبيـرة، أمـا الإطار المحيط بالعمل فيكون أكثر عرضاً حتى يتحمل ثقـل المـشروع، كمـا يراعى أن تكون وحدات التصميم متصلة ببعضها البعض ومتـصلة بالإطـار المرسوم حوله (ص ١٦٩- ١٧٠).

**العدد والأدوات المستخدمة في عملية حشوه الزجاج المؤلف بالجص:**

أغاب العدد المستخدمة في هذه التقنية عدداً يدوية معدة لهذا العمل وتلك الأدوات تجملها (إيمان ندا، ١٩٩٧م) فيما يلي:

١- أوعية لخلاط الجبس والماء يمكن أن تكون ذات مقاسات محددة ومعروفـة لـه بحيث يتم حساب كمية الماء (شكل ٥) والجص بالمعايير حتى تكون مناسبة عند عجنها.

٢- أقلام التحديد والترميم: وهي عبارة عن مجموعة من الأدوات المعدنية تستعمل لتحديد وحز التصميم على بلاطة الجبس، وهي أيـضاً تـستعمل فـي عمليـة التشطيب والترميم نتيجة وجود بعض الفراغات أو الفقاقيع أثناء صب البلاطـة الجصية، وهذه الأدوات أما أن يكون جسمها كله من المعدن أو لها يد خـشبية تمسك بها، والغالب منها يمسك من أوسطة حتـى تـتمكن اليـد مـن القـبض والإمساك بها أثناء العمل، وإحدى نهاياتها حادة كالسكين صغيرة الحجم "Small knife" والأخرى على شكل ملعقة مستقيمة صغيرة تستعمل لحمل قليـل مـن مزيج الجبس والماء لوضعها على القطعة المراد ترميمها، وكل جزء من هـذه الأدوات له وظيفة، فالبعض منها لإزالة الزوائد والآخر للترميم وبعضها للخرم والكشط، وهي خفيفة الحمل في أطوال تقترب من مساحة الكف.

**آلة التثقيـب:**

تستعمل هذه الأداة (شكل ٦- أ) في إحداث ثقوب في الفراغات التـي يـراد تفريغ الجبس منها في الحشوه المراد تنفيذها حتى يسهل إجراء عملية التفريغ منهـا بوضع مقدمة الزوانه من خلالها والتي يتم بها توسعة هذا الثقب حـسب التـصميم المراد إزالة الجزء منه.

**طريقة الاستعمال:**

١- تثبيت البنطة المناسبة للثقب في الجاشرة تثبيتاً محكماً (شـكل ٦-ب) بواسـطة مفتاح خاص.

٢- يحدد مكان ومركز الثقب على مسطح الجبس المراد ثقبه.

٣- تنقل الحركة للماكينة بواسطة الضغط على مفتاح تشغيل خاص في يد تتحـرك رأسي لإدارة المثقاب بشكل أفقي تثبت في أماكن الثقب من الضغط ببطء عليها وإدارة اليد لعمل الثقب.

٤- يلاحظ تعامد "البنطة" على سطح الثقب المراد ثقبه أما في حالة الثقوب المائلـة بزاوية ميل خاصة فيعد دليل لذلك بالزاوية وحساب نسبة الميل المطلوبة حتـى تحقق الغرض.

**ملاحظات يجب اتباعها بعد إجراء عملية الثقب:-**

١- تسن "البنطة" عن طريق مبرد حدادي أو أحجار السن وتنظف جيداً بعد ذلك.

٢- تشحيم وتنظيف آلة الثقب بعد العمل بها، خوفاً من التصاق الجبس النـاتج مـن الثقب بها.

**المبـارد:**

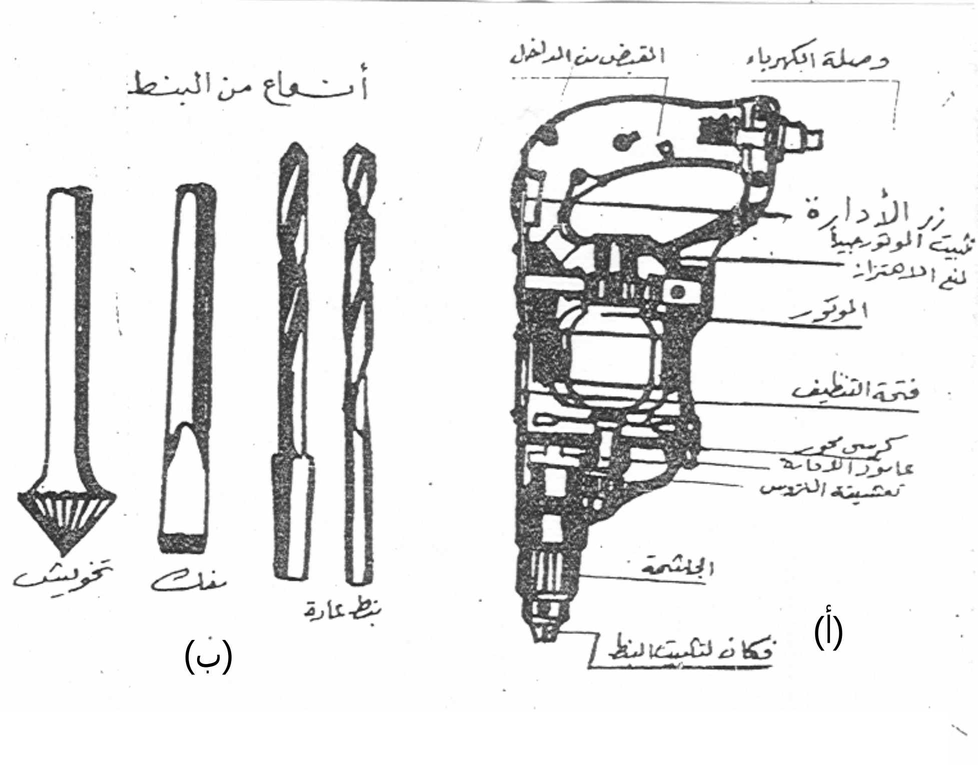
تستعمل عادة في حالة التشطيب النهائي للتفريغ وتنعيم وتحديد زوايـا الحفـر والتفريغ (شكل ٧-ج( ومن هذه المبارد:

الدائري المقطع Round أو نصف الدائري Half Round أو المربع Square أو المثلث Triangle أو البيضي Oval أو المسطح Flat أو نصف البيضي Half Oval



(شكل ٥) الأوعية المستخدمة لمعايرة وخلط الجص

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٤




(شكل ٦) آلة التثقيب الكهربائية وأنواع البنط المستخدمة معها.

(أ) آلة التثقيب في الجص (ب) أنواع من بنط التثقيب

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٦

وهي على درجات متفاوتة من النعومة وهي مصنعة من الحديد ولها مقـبض مـن الخشب أحياناً.

**منشار التفريغ "الزوانه":**

عادة تستعمل الزوانة لتفريغ التصميم المجهز على سطح الجبس ولكـن قبـل استخدام الزوانة يجب إجراء عملية التثقيب حتى تدخل الزوانه من الثقـب بحيـث يمكنها الحركة لإجراء عملية التفريغ.

و"الزوانه" منشار التفريغ (شكل ٧- أ) عبارة عن مقبض خشبي أو مقبض مـن المواد الراتنجية المخلقة، ويتصل المقبض بالسلاح الأمامي المدبب مـن الأمـام والعريض من الخلف نسبياً وتكون حافة الأسنان حادة وهي لأسفل الزوانـه وإن كانت قريبة الشبه بالمنشار "التمساح" إلا أنه تختلف عنه من حيث صغرها عنـه بشكل ملحوظ، كما أن أسنانها أرفع من سراق التمساح هذا ويمكن استبدال نصل الزوانه ويغير بسلاح آخر حسب حاجة العمل (ص١٢٨- ١٣٠).

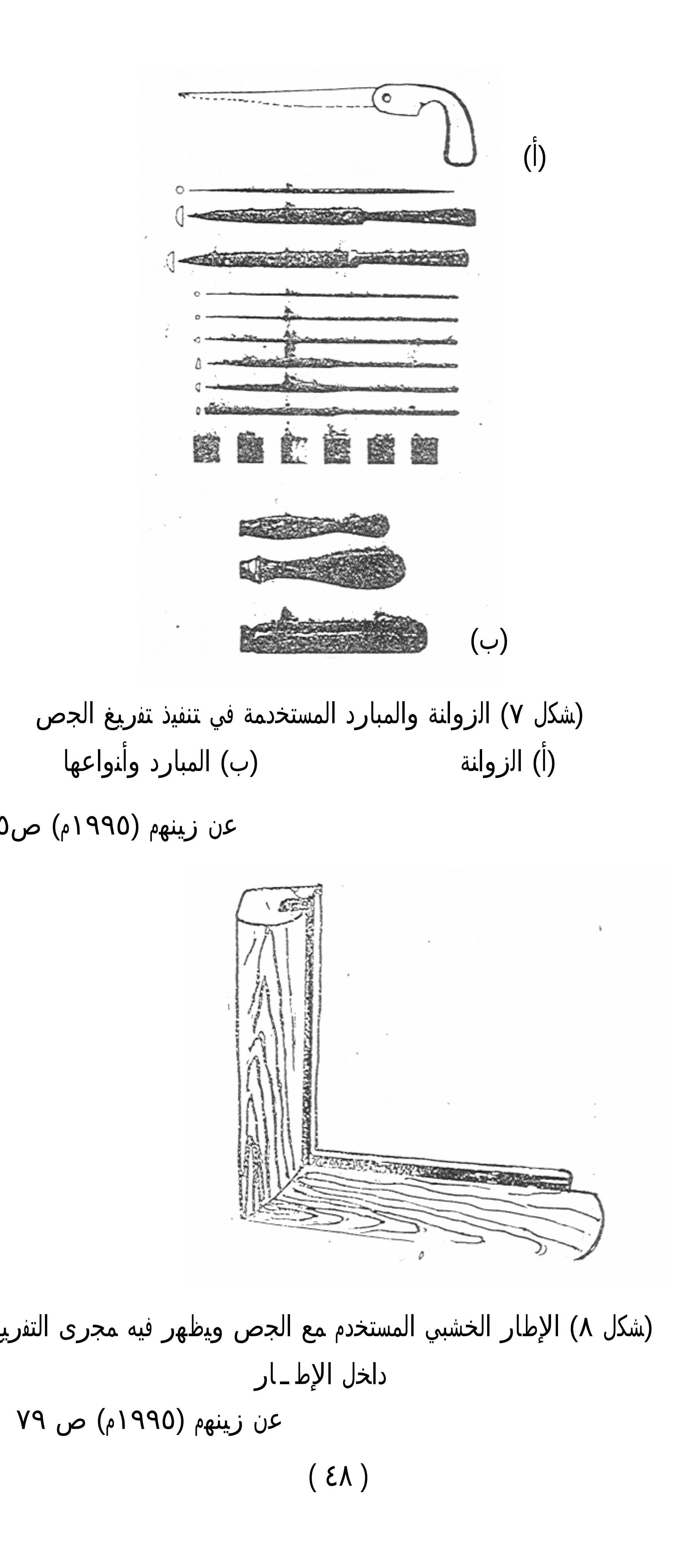
**طريقة تنفيذ فتحة من الزجاج المعشق بالجص:**

**أولاً**: يجب تحضير التصميم الخـاص بالفتحـة المـراد تنفيـذها بالمقاسـات والمتطلبات والمواصفات الخاصة بالموقع والمؤثرات الخاصة به.

**ثانياً**: عمل إطار "برواز" من الخشب بالمقاسات المطلوبة مع مراعاة أن يكون داخل هذا البرواز الخشبي مجرى "فتحة في الإطار" تتناسب مع المساحة المطلوبـة لتصميم الجبس (شكل ٨) وفي أغلب الأحيان لا يقل هذا المفحار عن ٢سم غائرة في جسم الإطار الخشبي.

**ثالثاً**: يتم تجهيز تفاعل الجص "كبريتات الكالسيوم" مع المـاء فـي الأوانـي الخاصة بعملية الخلط والتفاعل استعداداً لصب المحلول الناتج في الإطار الخـشبي المعد ويترك المدة المحددة لذلك مع مراعاة أن تكون طريقة الصب كالآتي:

أ- إعداد مسطح أملس من الرخام أو الزجاج ويوضع فوق منضدة التجهيز حتى يتم الصب عليها.




(شكل ٧) الزوانة والمبارد المستخدمة في تنفيذ تفريغ الجص

(أ) الزوانة                              (ب) المبارد وأنواعها

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٥

(شكل ٨) الإطار الخشبي المستخدم مع الجص ويظهر فيه مجرى التفريغ داخل الإطـار

عن زينهم (١٩٩٥م) ص ٧٩

ب- يتم تنظيف هذه المنضدة المعدة بما عليها من زجاج أو رخام تنظيفاً جيداً ويتم دهانها بمادة عازلة مكونة من خليط من الزيت والصابون معاً، أو من الشمع أو بودرة التلك حتى تكون طبقة عازلة بين الجص والسطح المراد الصب عليه.

جـ- يتم وضع الإطار الخشبي السابق تجهيزه الخاص بالفتحة المراد تنفيذها على المنضدة، وذلك بعجينة من الكاولين "الطمي الخزرفي" أو الصلصال حتى يتم سد جميع هذه الفراغات لكي لا يتسرب منها المحلول الجص أثناء عملية الصب.

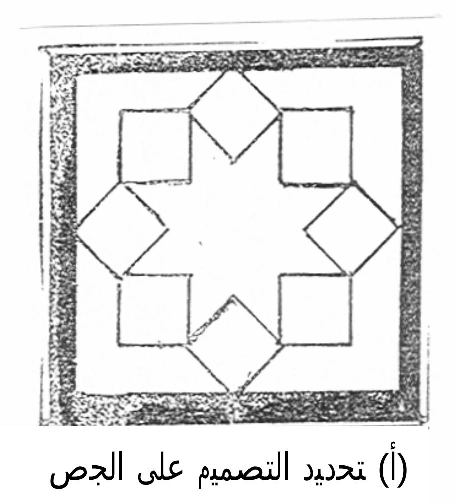
د- يتم صب محلول كبريتات الكالسيوم "الجص" في الإطار الخشبي حتى نحصل على السمك المطلوب، ويترك بعد ذلك المدة المحددة له ليتم الجفاف التام وغالباً ما يترك ٢٤ساعة إلى ٤٨ ساعة، وذلك نظراً لاختلاف توقيت عملية الصب صيفاً أو شتاءاً.

هـ- يتم طبع التصميم المعد لذلك بالفتحة على المسطح الجصي (شكل ٩-أ) السابق التجهيز والجفاف، ويحدد بأقلام التحديد الخاصة بذلك والتي تخدش في مسطح الجص حتى لا يزال التصميم أثناء عملية التفريغ.

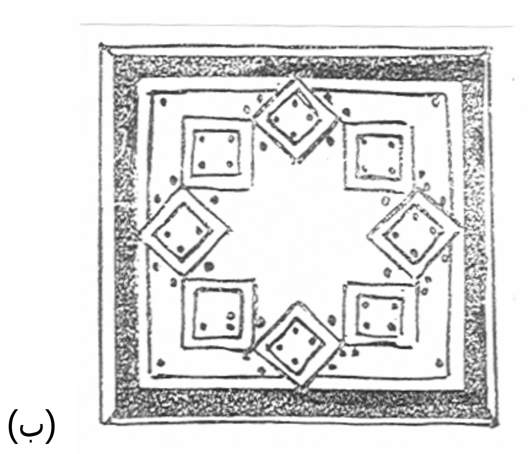
ثم تجري عملية الثقب بآلة التثقيب الخاصة (شكل ٩-ب) والزوانه اليدوية مع مراعاة أن يكون الثقب الناتج في إطار التصميم والزوايا القريبة من الخط الخارجي والمراد تفريغها وعند الالتقاء وخط الزاوية والتي تستطيع الزوانه من خلال الثقـب أن تقوم بعملية الحفر (زينهم، ١٩٩٥م، ص ص ٧٨- ٨٠).

**رابعاً: عملية الحفر:**

يتم حفر التصميم بعد ذلك بالزوانه الخاصة وذلك تبعاً لزاوية الميل الخاصـة باتجاه النظر إلى وجود السطح المحفور (شكل ٩-جـ( وتتحدد هـذه الزاويـة تبعـاً لوجود الفتحة وزاوية الميل الواقعة على نظر المشاهد لهذه الفتحة، وفي هذه الحالـة يكون الحفر أفقياً إذا كانت الفتحة في وضع رأسي، أما إذا كانت الفتحة في وضـع أعلى من مستوى النظر، فتجرى عليها زاوية الميل الخاصة بالحفر حتى يـستطيع المشاهد رؤية تصميم الزخارف جيداً.



(أ) تحديد التصميم على الجص



(ب) تثقيب الجص حول التصميم

(جـ( توزيع الجص لإظهار الحشوة

(شكل ٩) مراحل تنفيذ حشوة جصية

عن زينهم (١٩٩٥م) ص ٧٩

**خامساً: عملية لصق الزجاج على التصميم:**

يصفها زينهم (١٩٩٥م) بقوله:

" تجرى عملية تقطيع الزجاج الملون الخاص بالتعشيق في الجص بطريقة التقطيع العادية السابق ذكرها في الزجاج المؤلف بالرصاص، مع الاختلاف هنا بأن قطعة الزجاج سوف تكون أكبر قليلاً من الفتحة الجصية المحددة لها، حتى يتسنى لقطعة الزجاج أن تثبت على سطح الجص من الخلف، وبعد الانتهاء من هذه العملية تجرى عملية الترميمات التي قد تنتج عن إجراء عملية التفريغ والحفر، وأيضاً يتم إزالة جميع الزوائد الجصية والتي قد تثبت على الزجاج وتلتصق به نتيجة عملية التثبيت، وتصبح الفتحة بعد ذلك معدة بالتصميم والزجاج استعداداً لوضعه وتركيبه في المكان المناسب له" (ص ٨١).

**الزجاج المرئي من الوجهين:**

هناك تصميمات يمكن أن نراها من الوجهين إذا كان المكان يستلزم ذلك ويتم ذلك بنفس الطريقة السابقة ومن خلال الخطوات التالية:

١- تحضير بلاطة الجبس وتفريغها وبعد ذلك يتم تشبع هذه البلاطة بالزيت أو صابون مخفف بالماء.

٢- ثم توضع على المنضدة بعد عزلها جيداً.

٣- يحضر إطار خشبي يوضع فوق بلاطة الجبس.

٤- يتم تحضير الجص مضاف إليه قليل من الإسمنت لزيادة الصلابة ثم يصب فوق البلاطة وفي داخل الإطار الخشبي لعمل القالب.

٥- نتركها تجف وبعد ذلك نقوم بفصل البلاطة الجصية عن القالب.

٦- ينظف القالب ويكون بعد ذلك جاهزاً لصب عدة بلاطات في نفس التصميم لعمل وجهين للعمل الفني.

٧- تصب بلاطتان من الجص على القالب بنفس الطريقة السابقة وفي هذه الحالـة سوف نحصل على بلاطات مفرغة جاهزة للاستعمال.

٨- بعد ذلك يتم لصق الزجاج على خلفية أحد البلاطتين ثم نرممها وننظف الزجاج من بقايا الجص.

٩- نلصق البلاطة الأخرى مع البلاطة الأولى الملصق خلفها الزجاج ونثبتهم معـاً بإطار خشبي.

وبهذا نحصل على عمل مرئي من الوجهين وهذه النوعية من الأعمال تصلح للقواطيع أو للحوائط الفاصلة بين مكانين يستخدموا لرؤية التصميم من داخل المكانين (إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص ١٣٣).

**ثانياً: الزجاج المؤلف بالرصاص:**

يطلق عليه بالإنجليزية Stained Glass وتعني كلمـة Stain صـبغة وبعـض المراجع تطلق عليه Leaded Glass، ويعد الزجاج المسطح من أهم أعمال تجميـل العمارة سواء من الداخل أو الخارج، وقد كانت نشأة هذا الفن في بداية القرن التاسع عشر[*]، حيث حاول أحد الفنانين عمل مسطحات من قطع الزجاج الشفافة والملونـة لغلق إحدى النوافذ الخاصة بمنزله، فكان تفكيره في وضع تلك القطع بجوار بعضها وصب بينها مصهوراً من الرصاص حتى تتماسك هذه القطع مع بعـضها ويـرى (زينهم، ١٩٩٥م): "أن هذه الفكرة ناتج أول الأعمال في استخدام الزجاج المـسطح

[*] لا يعرف على وجه التحديد هل نشأ في فرنسا أو إنجلترا غير أن بعض الباحثين يرجع نشأته الأولى في إنجلترا وأنه قد نوع تقنية بالساك حيث تحاط الألوان بساك يلتف حولها وتتحد مع بعضها.

في العمارة وكان استخدامها غير جمالي ولكنها لحجب كمية الضوء وتقليـل نـسبة التيارات الهوائية إلى داخل المبنى" (ص٣٥).

وظل هذا التفكير يتطور إلى أن نتج عنه فن الزجاج المعشق بالرصاص فـي بداية القرن الثامن عشر خاصة مع زيادة اهتمام القديسين والقساوسة فـي عـصر النهضة بتجميل الكنائس والكاتدرائيات بالزجاج المعشق بالرصاص.

**العدد والأدوات المستخدمة في تنفيذ الزجاج المؤلف بالرصاص:**

هناك أدوات معينة لابد للقائم بعمل الزجاج المؤلف بالرصـاص أن يحـصل عليها ويمكن وصف مجموعة الأدوات المطلوبة كما يلي:

١- قاطع الزجاج Cutter: وهي عبارة عن آلة بسيطة تستخدم لقطع الزجاج ولهـا عدة أشكال متنوعة يصفها (زينهم ١٩٩٥):

> " بأن منها ما هو على شكل بدن صغير من النحاس ينتهي بقطعة صغيرة مـن الماس الطبيعي، والمعروف أن الماس شديد الصلابة ويمكنه قطع الزجاج ولكن هذه العجلة لا تستخدم إلا في الخطوط المستقيمة، ونوع آخر له عجلة ذات بدن من الصلب ينتهي بجزء به ثلاث فتحات مقاس ٢-٣-٦ مليمتـرات وبطرفهـا الآخر عجلة واحدة لقطع الزجاج، وفي نهاية البدن يد من الخـشب بـه جـزء صغيرة من النحاس أما النوع الثالث فعجلة ذات يد من الخشب وبدن من النحاس أو الحديد مركب عليها رأس به ستة أقراص من الصلب الـشديد معـدة لقطـع الزجاج وبه ثلاث فتحات لخلع الزجاج بعد تقطيعه، وفي أسفل اليد كـرة مـن الرصـاص أو الزنك وذلك لاستخدامها لنقر الزجاج بعد قطعـه" (شـكل١٠ ) (ص٤٦).

٢- سكينة قطع الرصاص Glazing: وهي ذات أشكال متعددة تستخدم فـي قطـع خطوط الرصاص يصفها (زينهم ١٩٩٥):

> بأنها ذات يد خشبية وسلاح مقوس مصنوع من الـصلب ذي الحافـة الحـادة المدببة، ومنها المدبب المصنوع من جراب من المعدن به سلاح دقيـق يمكـن

إخراجه من هذا الجراب عند الاستعمال (شكل ١١) وهي تشبه إلى حـد كبيـر سلاح Cutter قطع الورق مع الاختلاف في قوة السلاح ومنها ما هو على شكل قلم رفيع مصنـوع من الصلب وتستخدم السكينة لقطع الرصاص وإزالة الزوائد فيه" (ص٤٧).

**مكـواة اللحـام:**

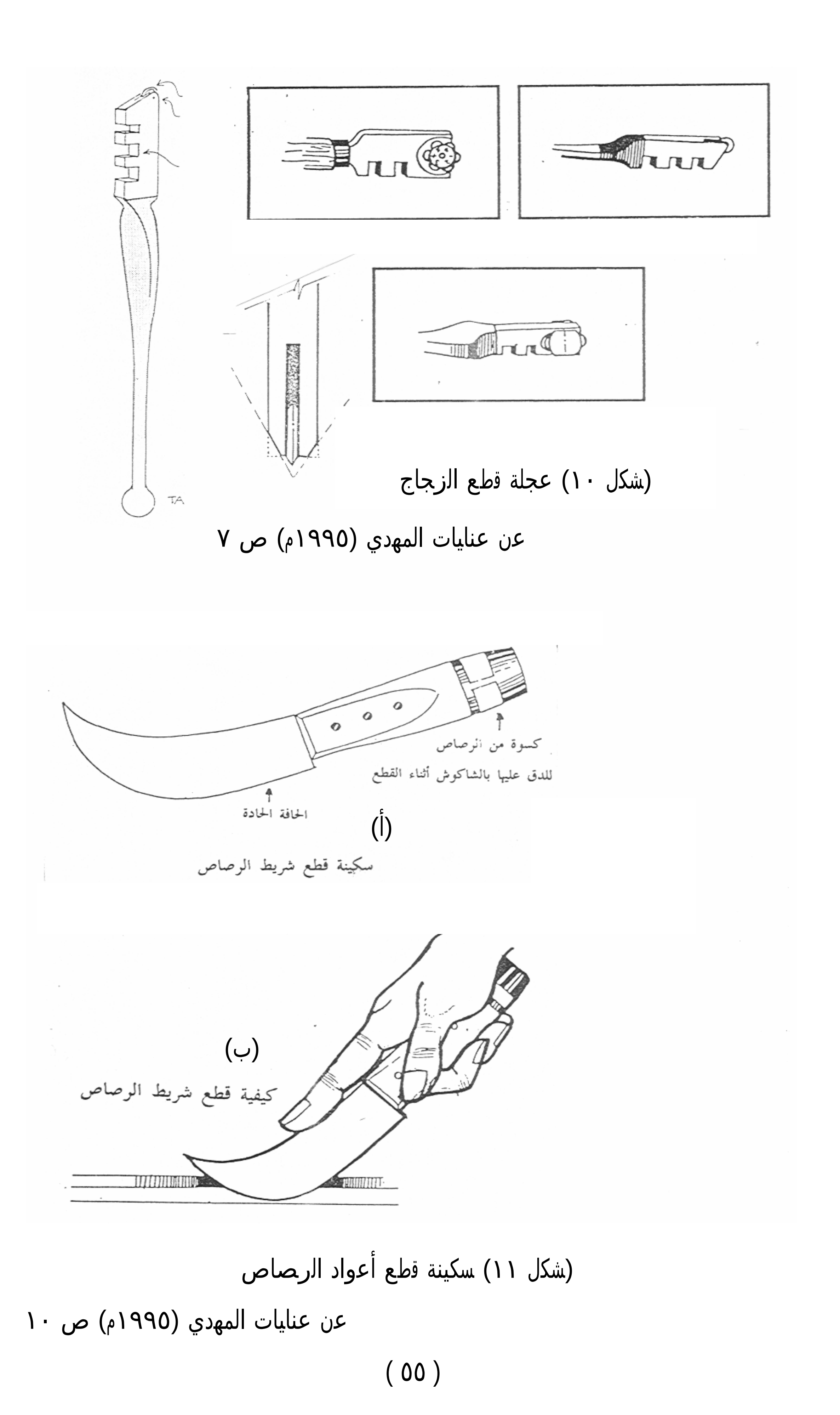
ويوجد منها عدة أنواع منها ما هو كهربائي (شكل١٢) أو يعمـل بالغـاز أو الكيروسين، ومنها ما يوضع على لهب مباشر لتسخينه، وينـصح (فينـست١٩٨٠) باستخـدام النموذج قوة ١٠٠ وات وأن تكون الحـافة ذات القطر الذي يتراوح بين ٣/٨ إلى ½ بوصة، حيث تعد الأفضل بالنسبة لأعمال لحام الزجاج المعـشق مـع تزويدها بمجموعة لتنظيم دخول التيار والتحكم في درجة الحرارة وتنظـيم عمليـة التسخين، حتى لا تزيد عن المعدل الذي يعمل على صهر الرصاص بعد التعـشيق (ص٦٥).

**ممدد عروق الرصاص - الشدادة:**

يراعى قبل استخدام أعواد الرصاص في الزجاج المعشق أن يتم بـسط تلـك الأعواد لتتحول من حالتها الرخوة المحنية إلى حالة أكثر استقامة، ويصفها (زيـنهم ١٩٩٥) "بأنها تتكون من فكين من الصلب مركبين على قاعدة من الحديد (شكل١٣) مثبت كل فك منهم بمسمار واحد حتى يمكن تحريكه، حيث يتطابق الفـك المقابـل لإمساك الرصاص عن طريق الشرشرة الموجودة بكل فك" (ص ٤٩).

**الزراديـة:**

وتصـنع غالباً من الصلب ويمكن استخدام الزراديات المنزلية العادية ولكـن ينصح (فينست ١٩٨٠) بأن النوع المسمى Grozing له ميزة إذ أنه مصنع بدقة من صلب لا يستخدم فيه طريقة التسخين والتبريد على التـوالي كما أن لها نتـوء ينتج

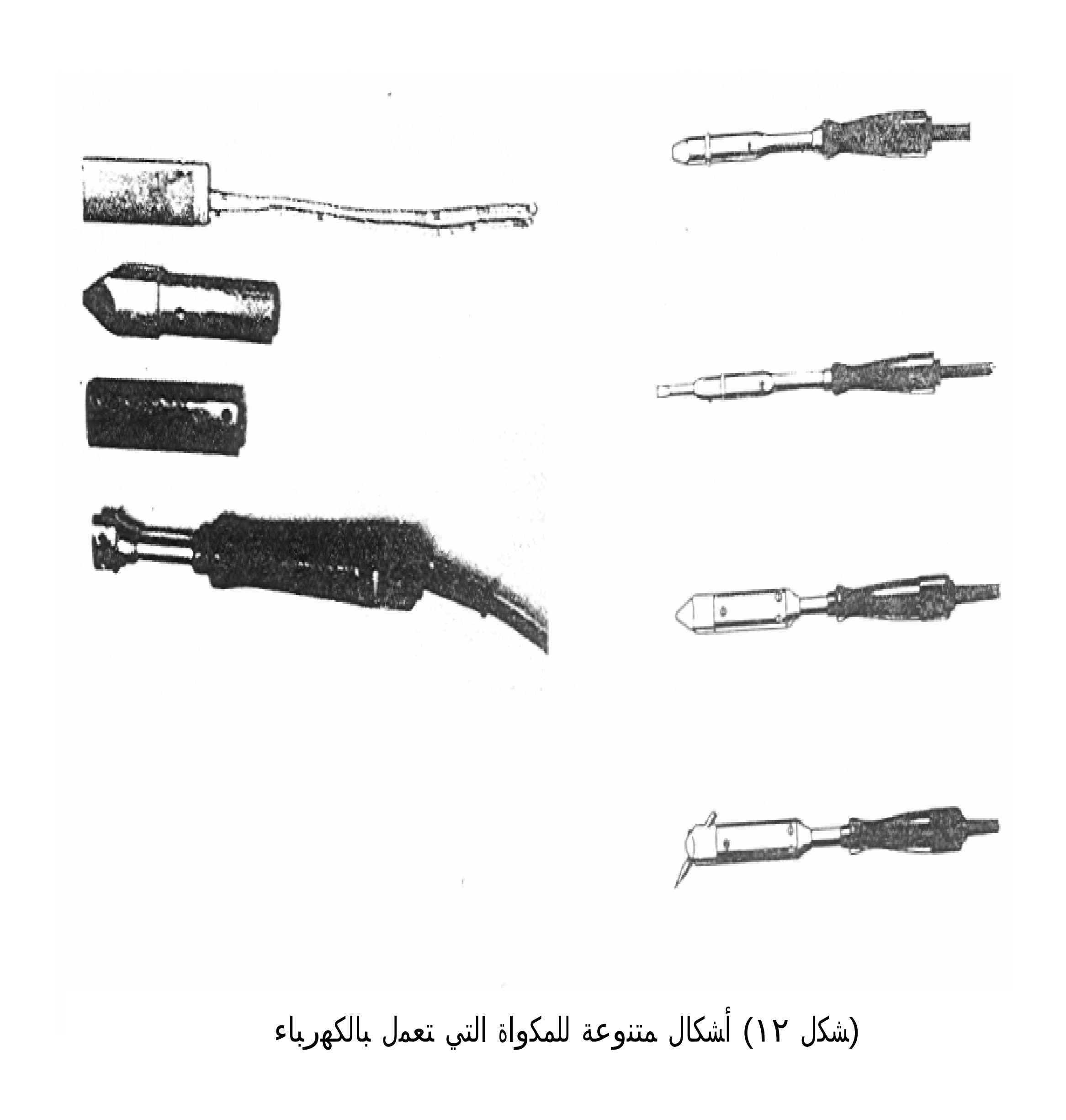



(شكل ١٠) عجلة قطع الزجاج

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ٧

(شكل ١١) سكينة قطع أعواد الرصاص

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ١٠



(شكل ١٢) أشكال متنوعة للمكواة التي تعمل بالكهرباء

ضغط متساوي على جانبي الزجاج العلوي والسفلي، وهي إلى حد ما لا تتسبب في شق حافة الزجاج عند استخدام الضغط، وأفضل أنواع الزراديات المناسبة لأعمـال الزجاج تتميز بأنها مزودة بفكين تبلغ المسافة بينهما ½ بوصة (شـكل١٤-أ). أمـا الزراديات من نوع Round nosed فإنها تفيد في تسوية قطع الزجاج الصغيرة فـي الحافة الغير منتظمة (شكل١٤-ب) أو عند عمل قطعات داخلية صعبة (ص٤٤).

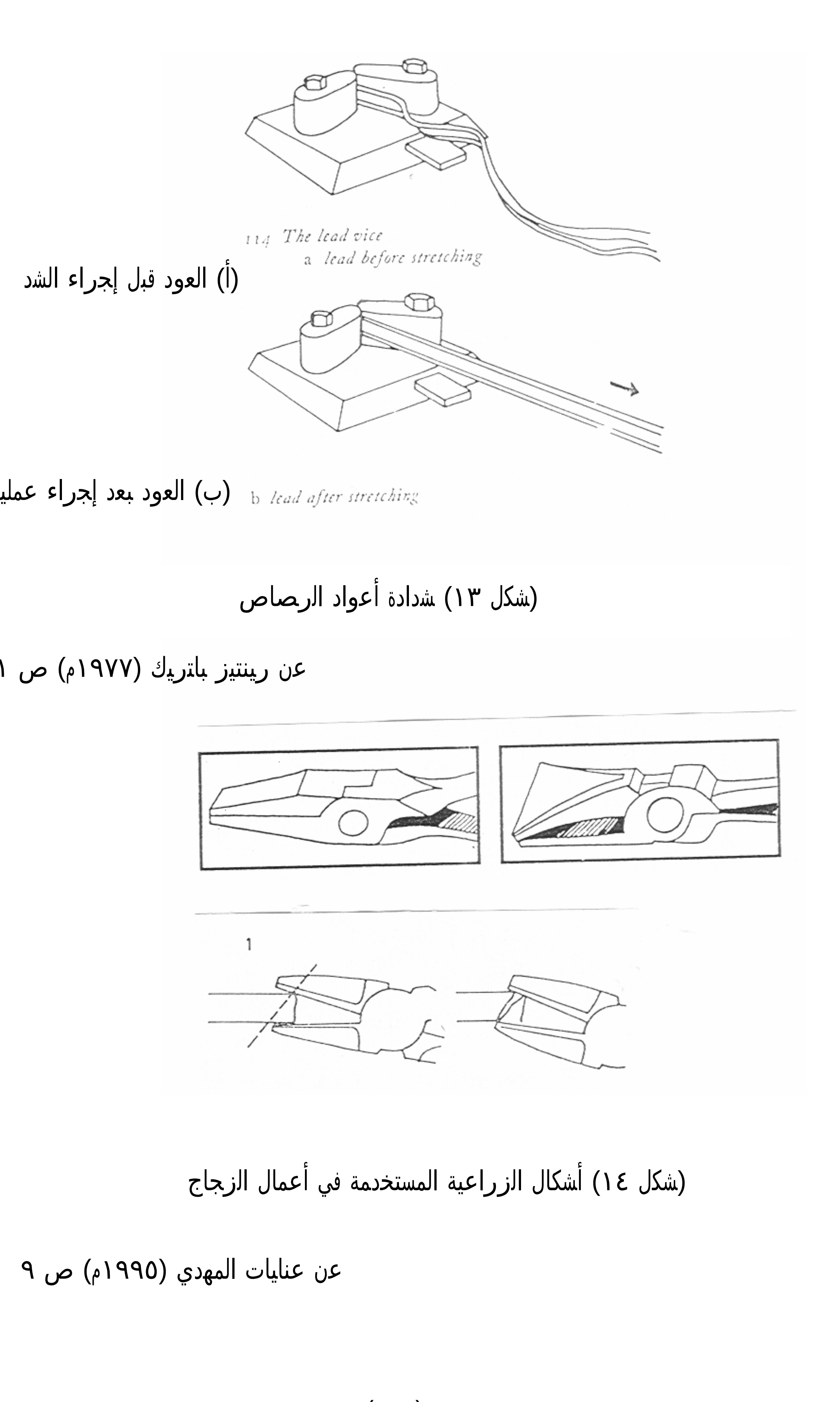
**الفتاحــة:**

عبارة عن أداة تستخدم لفتح تجويف الرصاص وأيضاً تستخدم لتوسيع مجـرى الرصاص من الداخل عند التعشيق، ومنها المصنوع من الـصلب وبعـضها مـن البلاستيك على شكل سكين ذات نصل غير حاد، وذات مقبض كبير ونصل بقـوس بزاوية بسيطة لكي تتناسب مع عملية إدخال الزجاج في عروق الرصاص (شكل١٥).

**أدوات متنوعة**: ومنها حجر الجلخ وهو ضروري وهام من أجل أن تظـل الأدوات حادة النصل، بالإضافة إلى كمية من المسامير ½ ١ بوصة ويفضل مسامير حـدوة الحصان بالإضافة إلى شاكوش خفيف ذو رأس من الصلب بيـد خـشبية لتثبيـت الزجاج على لوحة التعشيق، كما تستخدم فرشاة التنظيف وهي غالباً من السلك بيـد من الخشب وذلك في حالة إجراء عملية السمنت (المعجون)، وأخرى من البلاستيك الناعم للتنظيف، إلى جانب العدد يجب تحـضير بعـض الأدوات المـساعدة فـي الاستخـدام كـزاوية من الخشـب ذات تخـانات لا تقـل عن ٢بوصة عرضاً و١ بوصة في الارتفاع- بطول التصميم المراد تنفيذه- حيث تثبت هـذه الزايـة علـى منضدة التشغيل الخشبية.

**أعواد اللحام:**

ويجب تحضير أعواد القصدير المستخدم فـي اللحـام بحيـث تكـون جـاهزة للاستعمال ومن أفضل أنواعه كما يرى (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢) هي أعواد القـصدير ببكرة اللحام (٤٠- ٦٠) المحتوية على نسبة ٦٠% تصدير و٤٠% رصاص ويكون




(أ) العود قبل إجراء الشد

(ب) العود بعد إجراء عملية الشد

(شكل ١٣) شدادة أعواد الرصاص

عن رينتيز باتريك (١٩٧٧م) ص ١١١

(شكل ١٤) أشكال الزراعية المستخدمة في أعمال الزجاج

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ٩

مربوطاً على بكرة سمكها ٨/١ بوصة، وهو يناسب تنفيـذ اللوحـة ذات الأحجـام الكبيرة والتي سوف تكون معرضـة للرياح والطقس حيث يزودنا بتركيبة قويـ ـة في اللحام (ص٥٦).

ولتنفيذ وصلات اللحام في الرصاص تستخدم مادة مساعدة علـى الانـصهار Flax، وأفضل أنواعها النوع السائل الحمضي Oleic وذلـك باسـتخدام فرشـاة ½ بوصة. حيث تساعد على سريان مادة اللحام في كل أجزاء الوصـلة، وبـدونها لا ينصهر اللحام مع الرصاص بل يتسرب على شكل قطرات منفصلة.

**أعـواد الرصاص:**

يستخدم الرصاص في عملية التعشيق بأشكال مختلفة منه ما يستعمل للخطـوط الخارجية على شكل (U)، ومنه ما هو على شكل حرف (H) ويتراوح عرضه مـا بين ٨/١ بوصة إلى بوصة واحدة وهو على عدة أشكال (شكل١٦) المجنح Milled والمستديرة Round والمسطح Flat، والرصاص نقي اللون مائـل للزرقـة لا مـع السطح عند قطعة إلا أن هذا اللمعان يختفي بسرعة عند تعرض سطحه للجو نتيجة التأكسد واتحاده مع غاز ثاني أكسيد الكربون $Co_2$ الموجود في الهواء، ويتميز بأنـه معدن لين يسهل تشكيله مما جعل له دواراً هاماً في الزجاج المؤلـف بالرصـاص، حيث لا يوجد معدن آخر يماثله في سهولة التشكيل وقوة البقاء وقلة التكاليف وسرعة الانصهار.

**طريقة إعداد أعواد الرصاص:**

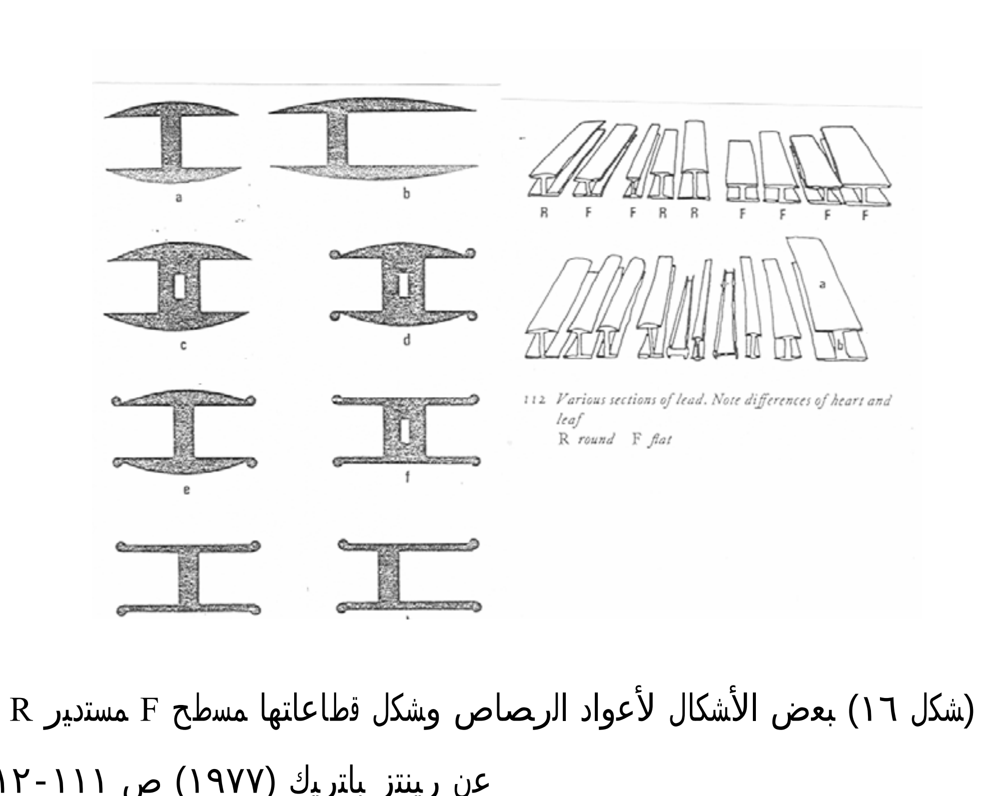
ويتم إعداد أعواد الرصاص كالآتي:

١- يصهر الرصاص في بوتقة خاصة من الحديد أو الصاج (شكل ١٧).

٢- يصب الرصاص في قالب من الصلب المجوف (شكل١٨) مكون من جزئين مثبتة عن طريق مشبك يدوي يقفل ويفتح عند الاستخدام، وله فجوات على شكل (H) يتراوح بين ٣-٤ فجوات بمقاسات مختلفة حسب رغبة الفنـان، وحجمهـا أكبر قليلاً من سمك الرصاص المراد استخدامه في عملية التعشيق.

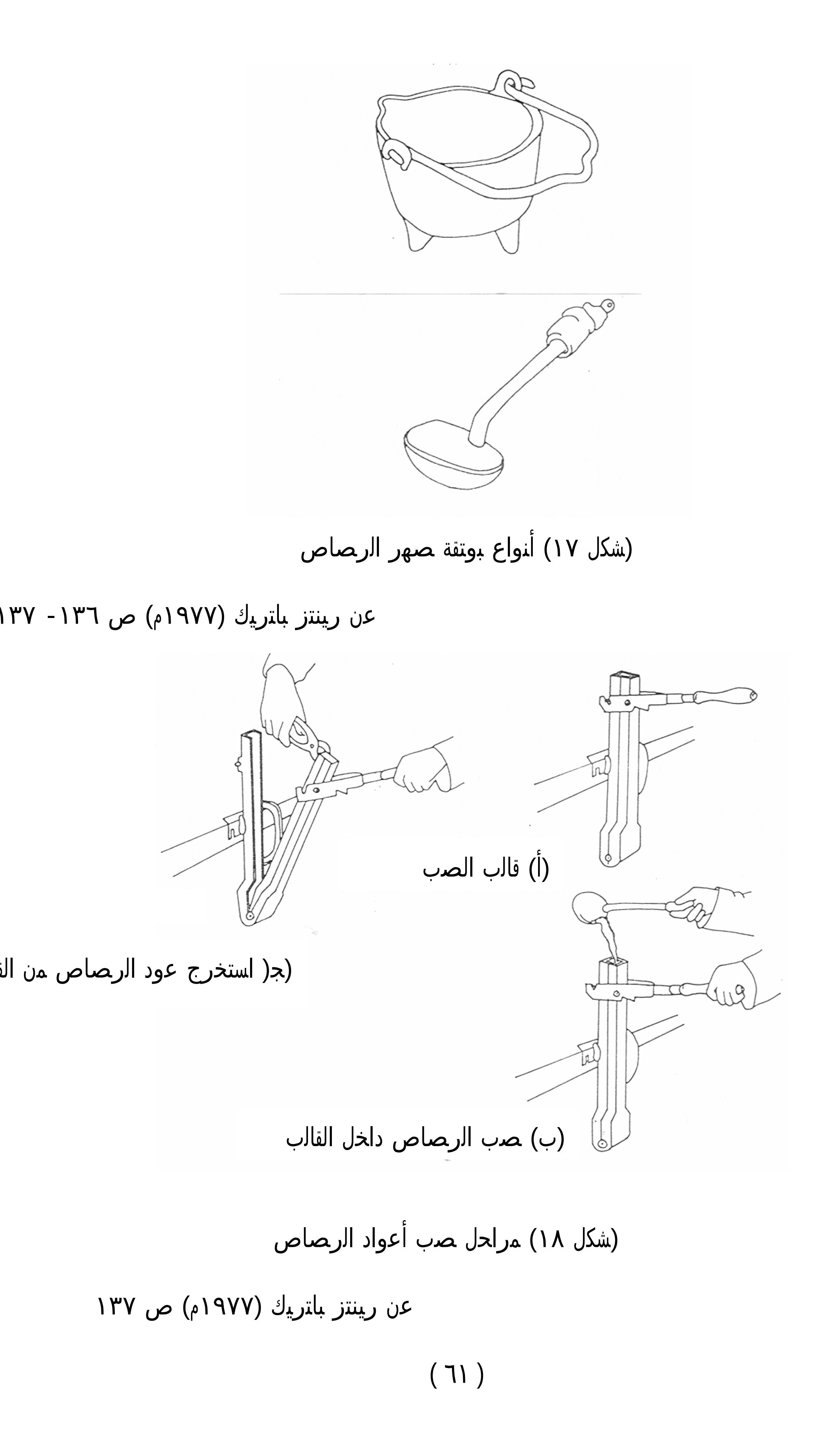



(شكل ١٥) فتاحة أعواد الرصاص وطريقة استخدامها في فتح بحرة الزجاج




(شكل ١٦) بعض الأشكال لأعواد الرصاص وشكل قطاعاتها مسطح F مستدير R

عن رينتز باتريك (١٩٧٧) ص ١١١-١١٢



(شكل ١٧) أنواع بوتقة صهر الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٦- ١٣٧

(أ) قالب الصب

(ب) صب الرصاص داخل القالب

(ج) استخرج عود الرصاص من القالب

(شكل ١٨) مراحل صب أعواد الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٧

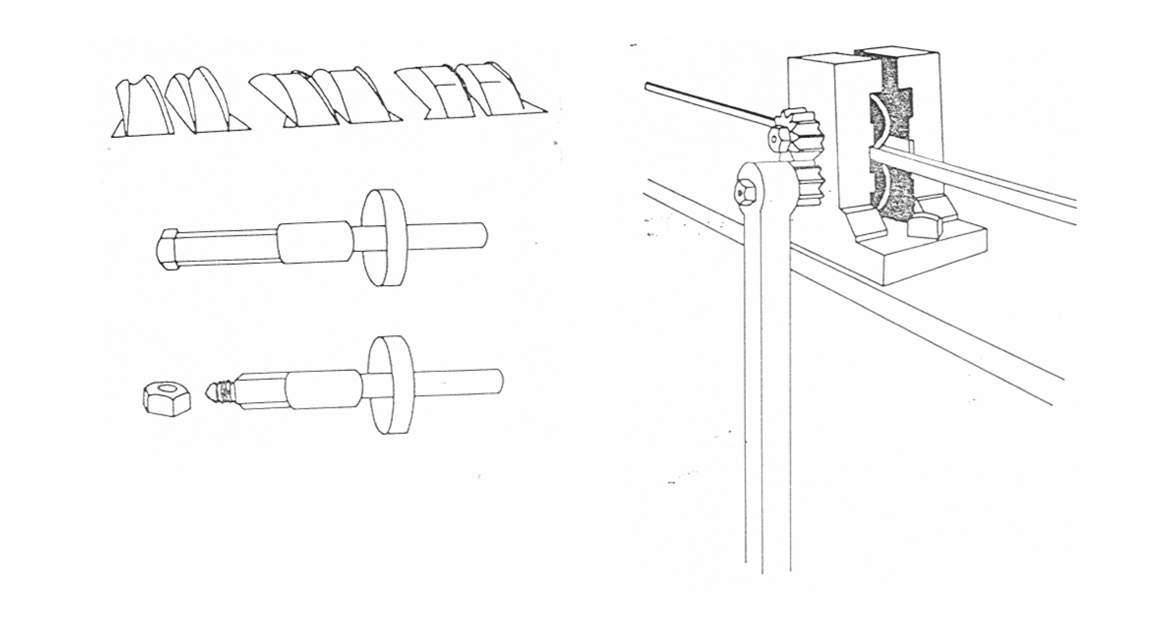
٣- يعاد تشكيل القضبان بعد أن تبرد في ماكينة سحب الرصاص ووظيفتها تهـذيب وسحب وتشكيل القضبان إلى المقاسات والمواصفات المطلوبـة، وذلـك بواسـطة أقراص ولقم من الصلب تركب حسب الحاجة بماكينة بنوعيها كما يلي:

أ- ماكينة السحب اليدوية (شكل١٩) وهي عبارة عن جـزئين مـن الـصلب مجوفين بسمك تخانة لقم التشكيل، إحداهما مثبت فـي منـضدة التـشغيل والأخير متحرك، حتى يتثنى وضع لقم التشكيل استعداداً للدوران عن طريق تروس داخلية متصلة بترس الحركة اليدوية.

ب- ماكينة سحب الرصاص بالمحرك- الموتور- (شكل٢٠) وهي عبارة عن أجزاء الماكينة اليدوية مع إضافة محرك كهربائي للعمل على توليد الحركة للعمل على تنظيم حركة الدوران وتقليل عدد اللفات حتى تعـادل اللفـات الناتجة عن الحركة اليدوية (زينهم، ١٩٩٥، ص٥٠-٥٢).

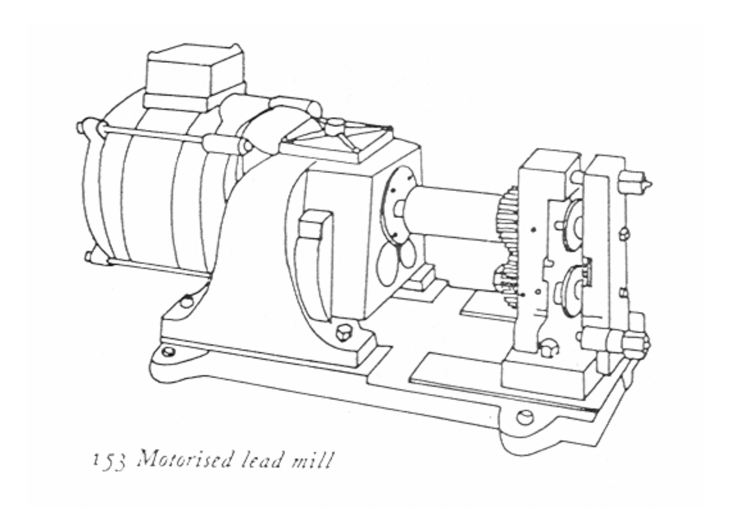
**التصميم:**

ويشتمل التصميم كما يرى (زينهم، ١٩٩٥) على الفكرة اللونية ومعالجة مساحة الفتحة والأبعاد والمنظور، وعلاقة الفتحة بالمكان والطراز المحيط بـه والعناصـر الفنية التي تخدم السطح" (ص٥٢) ويضيف (فينست أويرين، ١٩٨٠) " أهمية الأخذ في الاعتبار بتركيبة خطوط الرصاص في التصميم لما لهـا مـن أهميـة وظيفيـة بالإضافة إلى الغرض الجمالي، حيث أن تصميماً به عدة خطوط مـن الرصـاص متقاطعة مع بعضها البعض في نقطة ( شكل٢١)، سيؤدي إلى وصلة ضعيفة ومرنة ويجعلنا في نفس الوقت نركز رؤيتنا عليها" (ص٤٧) ويضيف (زينهم، ١٩٩٥) " أن أعداد التصميم بواسطة فنان متخصص هو الأفضل لأنه الأقدر على فهم واسـتيعاب مشاكل هذا الفن من حيث التنفيذ واللون، وأول خطوات التصميم هي عمل الفكـرة- الاسكتش- بالقلم على مساحة صغيرة بمقياس مناسب" (ص ٥٤).



(شكل ١٩) الماكينة اليدوية لسحب أعواد الرصاص

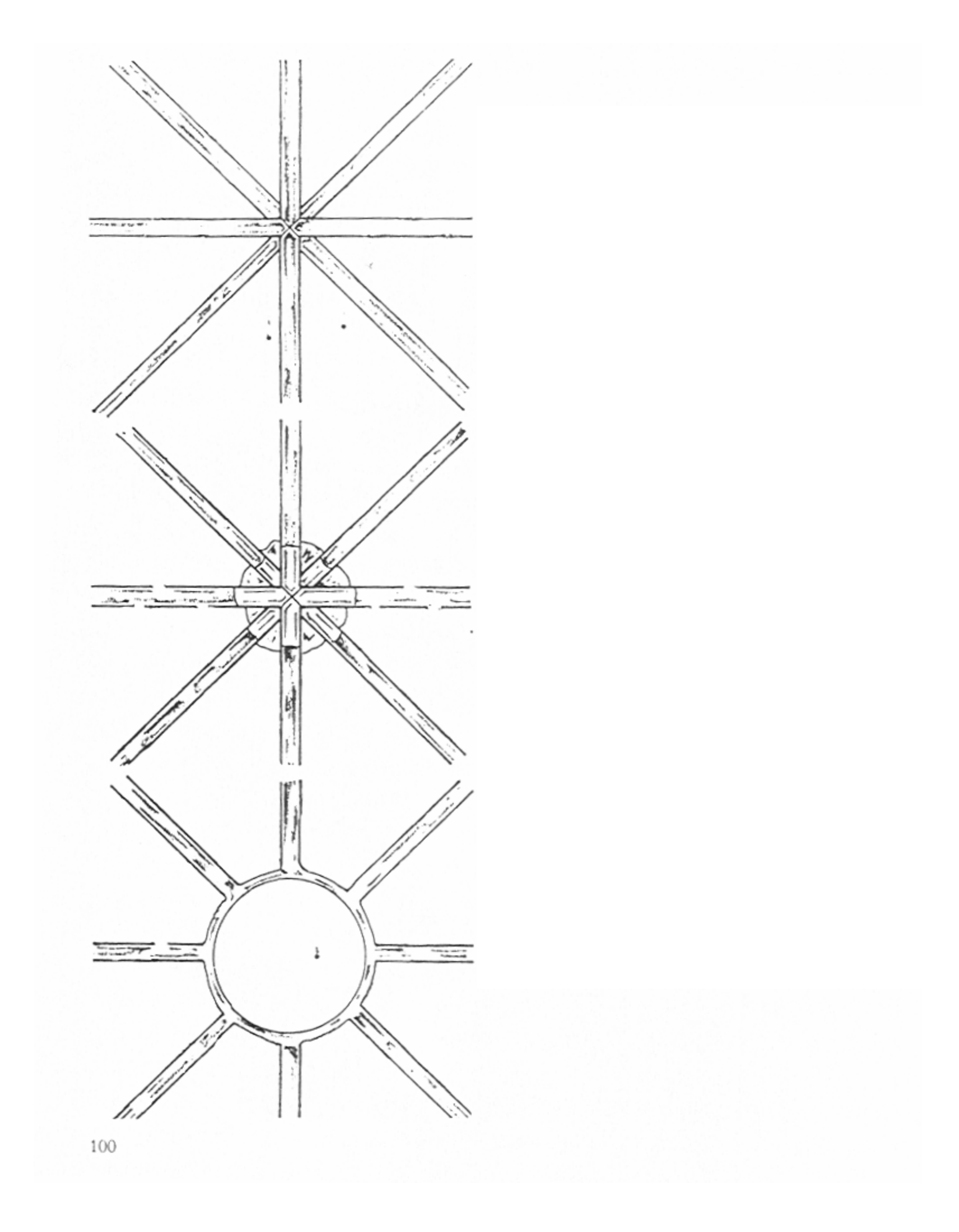
عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٨



153 Motorised lead mill

(شكل ٢٠) ماكينة سحب أعواد الرصاص باستخدام المحرك الكهربي.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٨




(شكل ٢١) أشكال متنوعة لتجميع خطوط الرصاص في نقطة واحدة عند عملية اللحام

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ١٠٠

ويتوقف نجاح العمل كما يرى (عبدالرحيم، ١٩٨٤م) على مجموعة عناصـر كمـا يلي:

١- الضـــوء.

٢- أنواع الزجاج المسطح الملون المستخدم.

٣- عنصر الرصاص كبناء للوحة ولون يؤكد العناصر.

٤- علاقة كل ما سبق باللون (ص١٥).

**أهمية الضوء**:

أن كل ما يدرس في الفن التشكيلي يعتمد جانبه المرئي أساساً علـى التـصميم الذي يعتمد في النهاية على الضوء، والوقع أن الضوء رغم أهميتـه القـصوى قـد أصبح عادياً إلى درجة أننا نتجاهله في معظم الأحيان ولا نفكـر فيـه إلا عنـدما نستخدمه بطريقة مباشرة كما في الإضاءة أو المسرح، لذا يرى (سـكوت، ١٩٨٠) "أنه يجب علينا الاهتمام بضوء الشمس بطريقة خاصة لأن الضوء يعتبر جزء مـن صميم مادة الحياة والواقع أن الأشياء التي نظمها سواء أكانت بعدين أو ثلاثة أبعـاد تعتبر بمثابة عاكسات للتأثير الضوئي" (ص ١٨٧).

ويؤكد (عبد الرحيم، ١٩٨٤) ما تقوله مارجريت شاليتون (Margret chilton)

> " أن استخدام الضوء واللون على خلفيات متألقة هذا ما يثير أعجابي في زجـاج الكنائس ولكنني أقول كيف نحافظ على هذه الميزة التي تلازم الزجـاج، أننـي كفنانة في هذا المجال ألجأ إلى استخدام الزجاج الملون الشفاف دون وضـع أي ملونات مؤقتة إلا في أضيق الحدود، لأنني أحب أن أرى قطع الزجاج رائقة في الضوء الطبيعي" (ص١٦).

كما يضيف (عبد الرحيم، ١٩٨٤) قول الفنـان فريدرك كوول Frederik Cole "أن الزجاج المؤلف بالرصاص هو لوحة في فتحة معمارية ينفذ من خلالها الضوء" (ص١٧).

**إعداد التصميم**:

ويشمل الفكرة الملونة، ومعالجة الفتحة والأبعاد والمنظور، وعلاقـة الفتحـة بالمكان والطراز المحيط به، والعناصر الفنية التي تخدم المسطح وتحديـد خطـوط الرصاص بأسماكها المختلفة، ويحتاج تصميم الزجاج المؤلف بالرصاص إلى عـدة عمليات تترتب على كل منها على الأخرى في خطوات أوجزها (زيـنهم، ١٩٩٥) فيما يلي:

- إعداد التصميم من خلال عمل فكرة (اسكتش) بالقلم الرصـاص علـى مـساحة صغيرة بمقياس رسم مناسب.
- وضع الفكرة اللونية للتصميم بمقياس وألوان الزجاج المستخدم وعلاقـة اللـون بالمكان والوسط المحيط به.
- تحديد خطوات القطع في المساحة المراد تنفيذها.
- تحديد تخانة سمك الرصاص في الرسم التنفيذي وذلك لقياس تخانـة الرصـاص الداخلية ومعرفتها وإجراء عملية التحبير على التصميم المكبر بالحجم الطبيعـي بهذه التخانة، مع مراعاة أنه في حالة تحديد التحبير في الإطار الخارجي يجـب قياس سمك نصف سطح الرصاص الخارجي مضافاً إليه سمك تخانة الرصـاص الداخلية وتحبير البرواز الخارجي بهذا السمك، أما في حالة استخدام الرصـاص المعد على شكل حرف (u)، فيقاس فقط سمك الرصاص من الجانب الخـارجي إلى الداخل وإجراء التحبير على هذه الإطار- بهذا السمك.

بعد عملية التحبير وتجهيز التخانات الخاصة بالسمك المطلوب تجرى عمليـة تحديد اللون في الرسم التنفيذي، عن طريق التلوين الرمزي أو عن طريـق رمـز معين لكل لون على حدة إما بالأحرف أو بالأرقام، وذلك متروك للحريـة الخاصـة للفنان المنفذ لوضع الرمز لكل قطعة استعداداً لعملية القطع (شكل٢٢-أ).

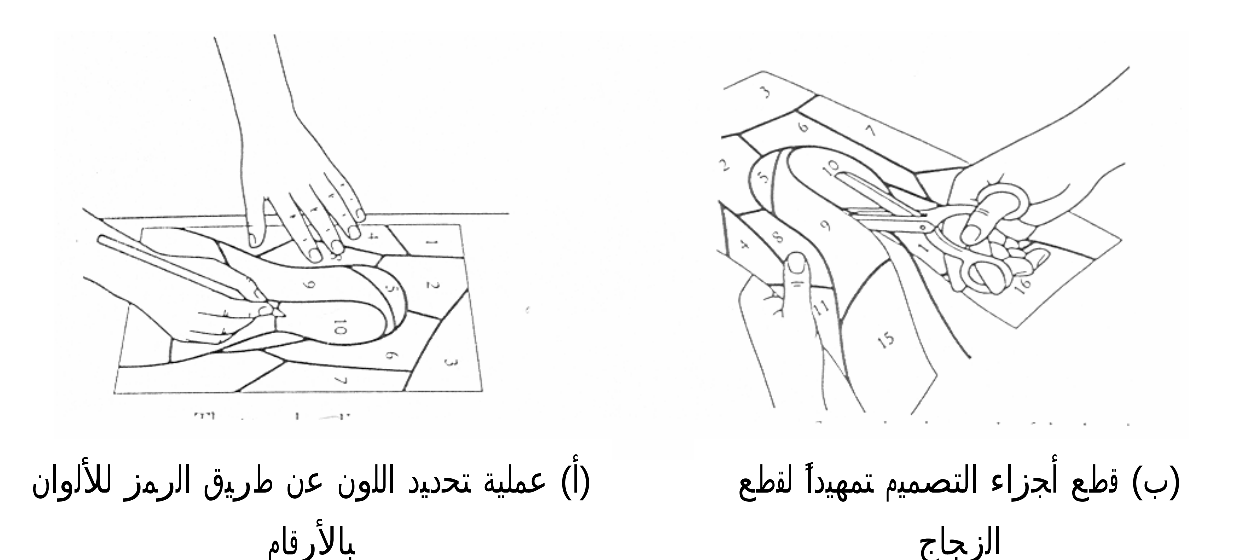
**قطع الزجاج**:

بعد تجهيز الرسم التنفيذي والذي يعد أول مراحل العملية التطبيقية لعمل لوحة من الزجاج المؤلف بالرصاص، تتم عملية التقطيع وفي هذه العملية يجب مراعـاة الآتي:

- في حالة استخدام القطع في مسطحات غير شفافة يجب عمل نقلة (بترون) مـن الورق المقوى لكل قطعة من الزجاج، فيثبت الورق على السطح الزجاجي المراد قطع الشكل منه إما باللصق أو بالسند ثم يحدد خط القطع على هذا اللون إما بقلم الفلومستر الملون بلون مخالف للون الزجاج أو بإجراء القطع المباشر في حالة ما إذا كان الفنان المنفذ متمكناً لهذا العمل (شكل ٢٢- ب).
- كل قطعة من الزجاج يراعى أن تتوفر فيها السهولة والانسياب في خـط القطـع وعدم وجود زوايا حادة قد تؤدي إلى كسر وشرخ القطعة الزجاجية عند إجـراء عملية القطع (شكل ٢٣)، مع مراعاة علاقة ذلك بالإطـار الخـارجي وتجميـع الرصاص بحيث لا يتم تركيزه في بؤرة واحدة عند اللحام حتى لا تضعف هـذه المنطقة عن باقي المسطح المراد تنفيذه، مع مراعاة التخانات التـي تخـدم فـي الرصاص بالإضافة إلى تخطيط الدعامات أو وضع الرصاص المقوى بالنحـاس لكي يساعد على تقوية الفتحة (زينهم، ١٩٩٥، ص ٥٥).

**إعداد الرسم التنفيذي**:

ويقصد بالرسم التنفيذي التصميم المنفذ على الورق بحيث يتم من خلاله عملية التشغيل بالطرق والأساليب الهندسية، فإذا كان الرسم التنفيذي ليس له القوة الإنشائية في إجراء عملية التعشيق والقطع، لذا يعتبر الرسم التنفيذي في هـذه الحالـة غيـر صحيح وقد أوجز (زينهم، ١٩٩٥) الخطوات الصحيحة والمتبعة في إجراء عمليـة الرسم التنفيذي كما يلي:



(ب) قطع أجزاء التصميم تمهيداً لقطع الزجاج

(أ) عملية تحديد اللون عن طريق الرمز للألوان بالأرقام

(شكل ٢٢) تحديد ألوان التصميم وقطع أجزائه بالأرقام




(شكل ٢٣) مراحل تثبيت نموذج الكرتون على الزجاج وعملية القطع

تكبير التصميم بالنسب والمساحات الحقيقية سواء عن طريق النقل بالمربعات أو النقل بالتكبير بجهاز التكبير أو أي وسيلة أخرى يراها الفنـان مناسـبة لعمليـة التكبير بالحجم الطبيعي، ومن المستحب إجراء عملية التكبير بالمربعات لأن ذلك يساعد على الحفاظ على كل خطوات القطع وتطبيقها بإتقان.

- في حالة استخدام الزجاج الملون الشفاف فيمكن وضع اللوح الملون على الرسـم التنفيذي مباشرة وتحديده بالفلوماستر أو إجراء عملية القطع المباشر.
- أما إذا كان الزجاج المستخدم من نوع الزجاج ذي الدرجة اللونية المعتمد فيمكن إجراء عملية القطع عن طريق منضدة الإضاءة Light table (شكل٢٤)، وهـي عبارة عن صندوق من الخشب أو المعدن بداخله وحدة إضـاءة مـن اللمبـات الفلورسنت، وتغطى من أعلى بلوح أو شريحة من الزجاج المسطح المصنفر.
- يوضح الرسم التنفيذي على منضدة الإضاءة فوق لوح الزجـاج المـصنفر مـع إنارتها لكي نظهر خط القطع واضحاً.
- يوضع لوح الزجاج الملون القائم على القطعة المتخصصة في الرسـم التنفيـذي فنجد أن خط القطع واضحـاً على الزجـاج الملون ونبدأ عملية القـطع عليـه (ص٥٥-٥٦).

**عمل نموذج الكارتون (الورق المقوى):**

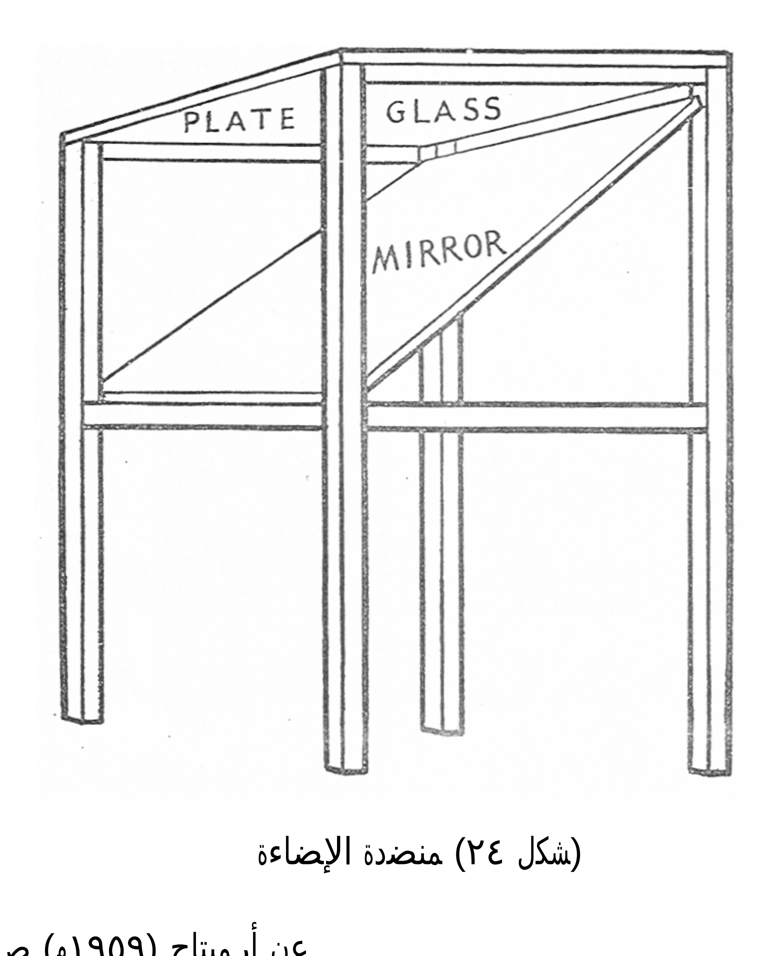
وفيها يتم استخدام نسختان من الورق المقوى إحداهما توضع على سطح العمل والأخرى سوف تقص كنموذج (بترون) لقطع الزجاج، كلا النسختان يمكـن القيـام بهما معاً باستخدام أوراق الكربون لصنع التصميم (شكل٢٥)، حيث يمكن المحافظة على تطابق الورق المجمع عن طريق الدبابيس أو شريط لاصق حتـى لا تتحـرك وتفسد عملية النسخ بالكربون، ثم يتم التحديد باستخدام قلم قـوى مـن الرصـاص (فينست أوبرين Vincent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٤٨).

**عملية تقطيع الزجاج**:

وفيها يتم تثبت كل قطعة منفصلة من النموذج على الورق، وتستخدم كبتـرون أو دليل عندما نقوم بقص قطع الزجاج التي تقابلها (شكل ٢٣) ويراعى في عمليـة القطع كما أوردها (فينست أوبرين (Vencint O'Brien, 1982):

> " عند قطع خط مستقيم (شكل٢٦) عليك بوضع مسطرة أو Straightedge مع الإمساك بها جيداً في موقعها، وباليد الأخرى مر بالقاطع بطريقة ثابتة وأضـغط جيداً ولكن إلى حد ما بخفه، مع المحافظة أن يكون الضغط متساوياً من البدايـة حتى النهاية ودع كل زراعك وليس الرسغ والأصابع فقط تقوم بهذا العمل، مـع مراعاة عدم التراجع أبداً للخلف عند إجراء عملية القطع حيث أن ذلك يؤدي إلى تلف عجلة القطع" (ص٤٩).

- ويراعى قبل إجراء عملية القطع وضع عجلة القص في أحد مركبـات زيـوت البترول مثل الكيروسين أو النفط وذلك لكي تساعد على تسهيل حركة من القطع (دوران الترتره) المصنوعة من الصلب. وتتم عملية القطع كما أوردها (زيـنهم، ١٩٩٥م) كما يلي:
- توضع عجلة قطع الزجاج على الخط المراد قطعه بزاوية °45، وحين البدء فـي إجراء عملية القطع يجب أن يكون سن العجلة الصلب (الترتره) أو المـاس فـي وضع قائم على سطح الزجاج المراد قطعه (شكل٢٦-أ)، مع الضغط عليها قليلاً إلى أسفل وسحب العجلة في اتجاه الخط المراد قطعه بحيث يظل الخط مرئياً أمام العين، ويجب ألا يصل سن العجلة إلى حافة المسطح الزجـاجي مباشـرة، بـل يراعى أن يكون هناك فاصل أقل من المليمتر.
- تجرى عملية طرق خفيفة على خلفية الزجاج من بداية خط القطع وذلك يظهـر عجلة القطع، ولسوف ينكسر الزجاج بطريقة مستوية ونظيفة على طول الخـط. (شكل ٢٦-ب).

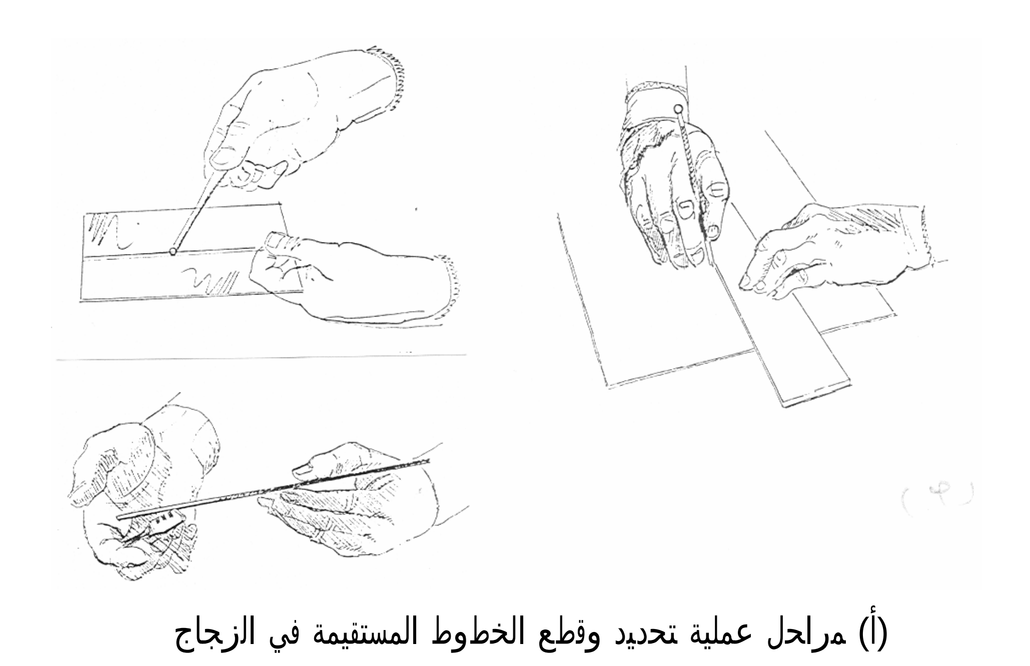



(شكل ٢٤) منضدة الإضاءة

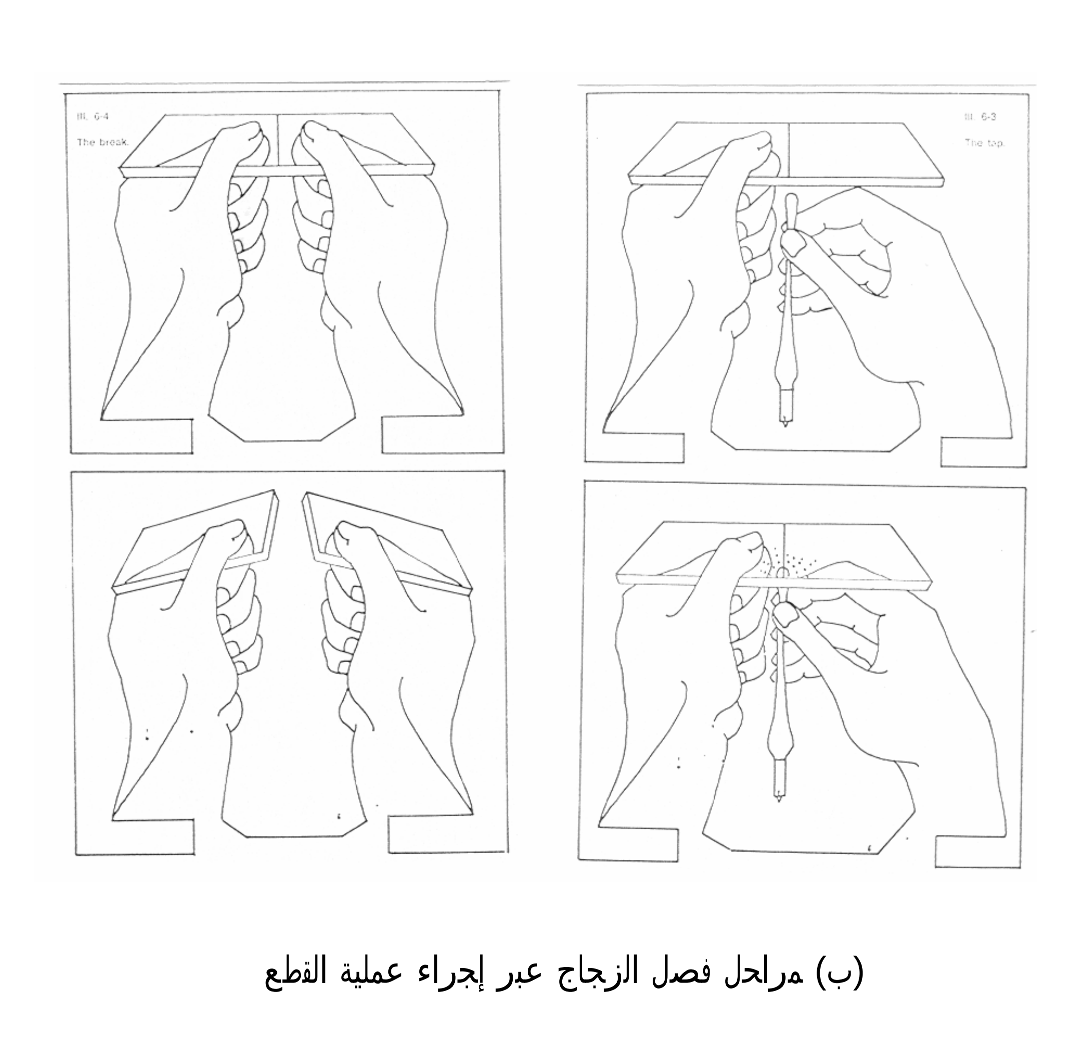
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٣٠

1 Cartoon paper
2 Carbon paper
3 Work drawing
4 Carbon
5 Pattern paper

(شكل ٢٥) إعداد نماذج الكارتون ونسخها باستخدام أوراق الكربون



(أ) مراحل عملية تحديد وقطع الخطوط المستقيمة في الزجاج




(ب) مراحل فصل الزجاج عبر إجراء عملية القطع

(شكل ٢٦) مراحل قطع وفصل الزجاج

- تفصل قطعة الزجاج بالضغط إلى أسفل باليد في الاتجاه المعاكس لخط القطع إذا كان الزجاج أقل من ٤ مليمتر (شكل ٢٦-ب)، أما إذا زاد عن ذلك فيجـب وضـع مسطرة من الخشب أسفل خط القطع مع الضغط على أحد الجوانب وتثبيت الجانـب الآخر حتى تحدث عملية فصل الزجاج (ص٥٦، ٥٧).

أما في حالة قطع المنحنيات (شـكل٢٧) فيـضيف (فينـست أوبـرين Vencent O'Brien, 1980):

"عندما تقوم بقطع بعض المنحنيات الكبيرة نتبع نفس التعليمات السابقة في قطع الخطوط المستقيمة، أما بالنسبة للمنحنيات الأصغر ذات النصف قطر الأصـغر فمن الضروري أن نقوم بهذه العملية في عدة مراحل للقص، ويتم نزع كل قطاع أو جزء صغير بواسطة الكماشة Grozer حتى فصل إلى أقصى خط داخلـي، ومن أجل قص دوائر كاملة فتستخدم أداة للقطع تشبه الفرجـار (شـكل٢٨) أو بترون جيد لقص دوائر ذات أقطار أكبر" (ص٤٩ – ٥٠).

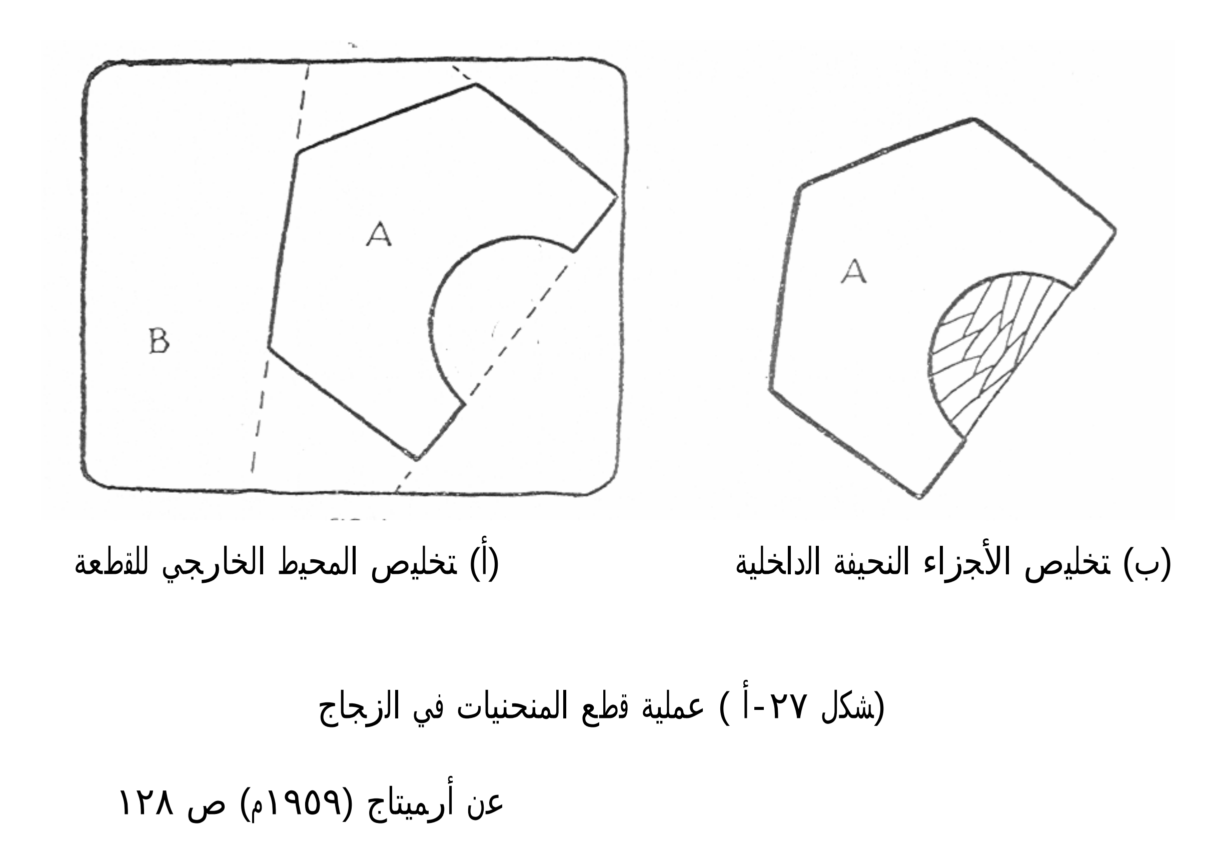
**إعداد سطح العمل للتجمع** (**التعشيق**):

لإجراء عملية التجميع يجب مراعاة ما يلي:

أولاً: رص قطع الزجاج على الرسم التنفيذي بعد إجراء عملية التجهيز سواء القطع أو التلوين.

ثانياً: - وضع الرسم التنفيذي (النسخة الثانية) الناتجة عن طباعة الكربون اسـتعداداً لإجراء عملية التجميع عليها وتثبتها على منضدة العمل المعدة سابقاً مـن الخـشب بحيث يراعى مساحة سمك الرصاص عند التجميع.

- يراعى أن تكون الزاوية في الجهة اليسرى حيث أن بداية التجميع يجب أن تكون من الجهة اليسرى لكي تساعد الفنان المنفذ على رؤية كل قطعة من الزجاج مجمعة مع التصميم، وذلك من خـلال تثبت أعـواد من الخشب سمك ½ بوصة × عرض ١بوصة باستخدام مسامير قصيرة لعمل تلك الزاوية.




(ب) تخليص الأجزاء النحيفة الداخلية (أ) تخليص المحيط الخارجي للقطعة

(شكل ٢٧-أ ) عملية قطع المنحنيات في الزجاج

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٢٨



(شكل ٢٧-ب ) أداة قطع الدوائر في الزجاج

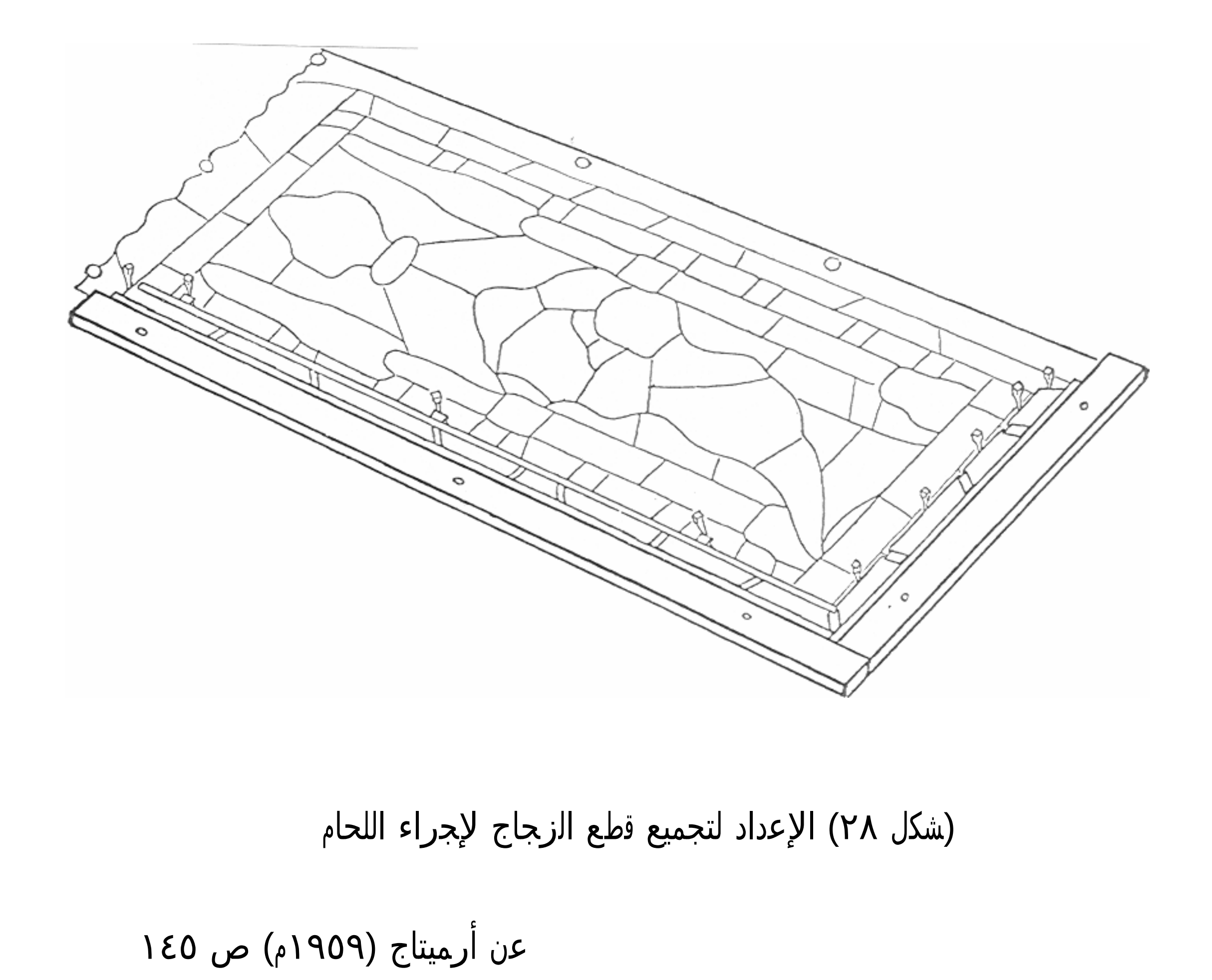
عن دينكان (١٩٧٥م) ص ٣٨

ثالثاً: نبدأ عملية تجميع قطعتان من أعواد الرصاص مقاس ٨/٣ بوصة إحداهما يمتد على جانب الرسم والآخر عبر الجزء السفلي، مع ملاحظة قطع الرصاص بطـول كافي ليغطي كلاً إلى نسبة الجانب الأيسر والجانب السفلي مع ترك مسافة صـغيرة كزيادة (شكل٢٨).

**إعداد مكان العمل:**

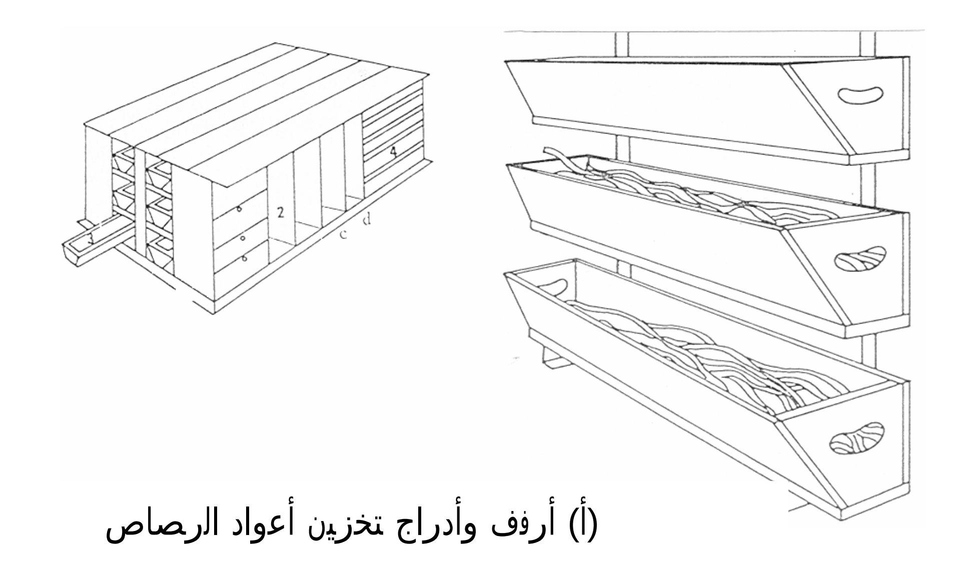
من الأهمية إعداد المكان الذي تعمل فيه عند تنفيذ عمل فنـي مـن الزجـاج والرصاص وكذلك مساحة التخزين التي تحتاجها ويراعى أن تكون المنضدة التـي تعمل عليها ألا تكون من النوع الثقيل، ولكن لابد وأن تكون ذات متانة قوية حتى لا تهتز بسهولة كما يراعى أيضاً أن يكون ارتفاع المنضدة أطول بقليل عن المنـضدة العادية حتى تعمل بارتياح ولا تكون مضطراً للانحناء وإمكانية التحـرك بـسهولة حول العمل الفني ورؤيته من جميع الزوايا، وبدلاً من استخدام عـدة أدراج ملحقـة بالمنضدة أو دولاب صغير لوضع الأدوات التي تستخدمها أو التي تخزنهـا يمكـن استخدام اثنان من الصناديق ذات الوزن الخفيف والغير عميقة حتى يمكنـك حملهـا بسهولة من مكان لآخر، وتكون دائماً في متناول اليد ويمكن أن نطلق عليهـا اسـم الأدراج المتحركة أو المحمـولة، كما يجب أن يزود المكان برف تخزين الرصاص والزجاج (شكل٢٩) حسب اللون والنوع" (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢، ص ٤٩).

- تبدأ عملية شد الرصاص عن طريق حبس إحدى نهايته داخل إحدى طرفي آلـة الشد وتقبض بقوة على النهاية الأخرى باستخدام الزرادية ثم القيام بشد وسـحب الرصاص (شكل١٣)، ويراعى قبل سحب الرصاص تسوية أيـة انحنـاءات أو طيات والتأكد من أن عرق الرصاص مستقيماً في اتجاه السحب، وبطريقة القياس التقريبي فإن الرصاص يمكن أن يتمدد من ½ إلى ١ بوصة لكل قدم، وبعـد أن يتمدد الرصاص سوف نلاحظ أن عرق الرصاص يكون مـشدوداً جيـداً، مـع ملاحظة أن كل عروق الرصاص التي سوف تستخدم حتى في الخطوط المنحنية أو الدوائر يجب أن يتم شدها جيداً (فينست أوبـرين Vencent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٤٥- ٥٥.



(شكل ٢٨) الإعداد لتجميع قطع الزجاج لإجراء اللحام

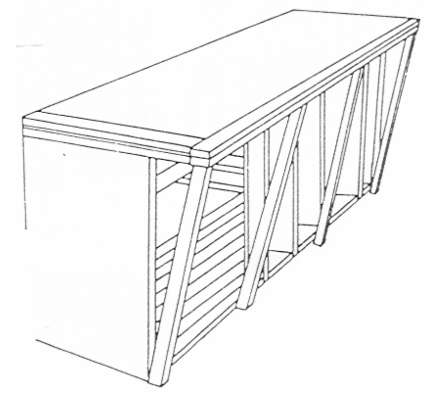
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٤٥



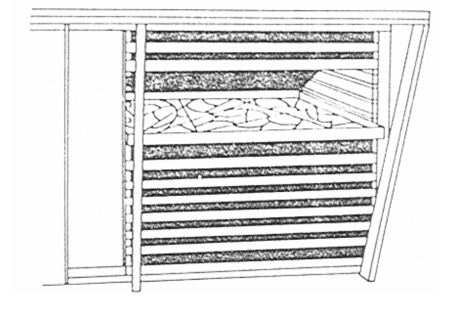
(أ) أرفف وأدراج تخزين أعواد الرصاص

(شكل ٢٩) أشكال للأرفف والأدراج المستخدمة لتخزين أعواد الرصاص وألواح الزجاج

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٠٤- ١١٢



(ب) أرفف تخزين ألواح وقطع الزجاج



- يتم عملية فتح الرصاص عن طريق الفتاحة وإزالة الزوائـد وقطـع الرصـاص بسكين القطع، مع مراعاة أن يكون طول عود الرصاص أقل من خط القطع المتلاقي مع عود آخر بضعف سمك هذا العود حتى لا يتم التحام وضغط أعواد الرصـاص فوق بعضها (شكل٣٠)، وإجراء عملية تعشيق لكل قطعة على حدة مع تثبيت مؤقت باستخدام المسمار الصغير (شكل٣١)، وإزالة المسمار كلما اسـتمر التعـشيق فـي الجزء الذي يليه إلى أن تتم عملية تعشيق الوحدة التصميمية جميعها، وبعد ذلك يجب إحضار زاوية من الخشب ووضعها مقابل زاوية التعشيق وتثبتها اسـتعداداً لعمليـة اللحام (زينهم، ١٩٩٥، ص ٥٩- ٦٠).

**اللحـام:**

يستخدم في عملية اللحام أعواد لحام وخليط من القصدير والرصـاص يطلـق عليه (٦٠- ٤٠) والتي تشير إلى نسبة ٦٠% قصدير و٤٠% رصـاص، وتكـون ملفوفة على بكرة سمكها ١/٨ بوصة، وفي الأعمال الصغيرة فإن اللحـام ٥٠- ٥٠ يكون كافياً ولكن في اللوحات والأعمال الكبيرة الحجم يكون اللحام ٤٠- ٦٠ أفضل وأكثر قوة (فينست أوبرين Vencent O'Brien) ص ٥٦.

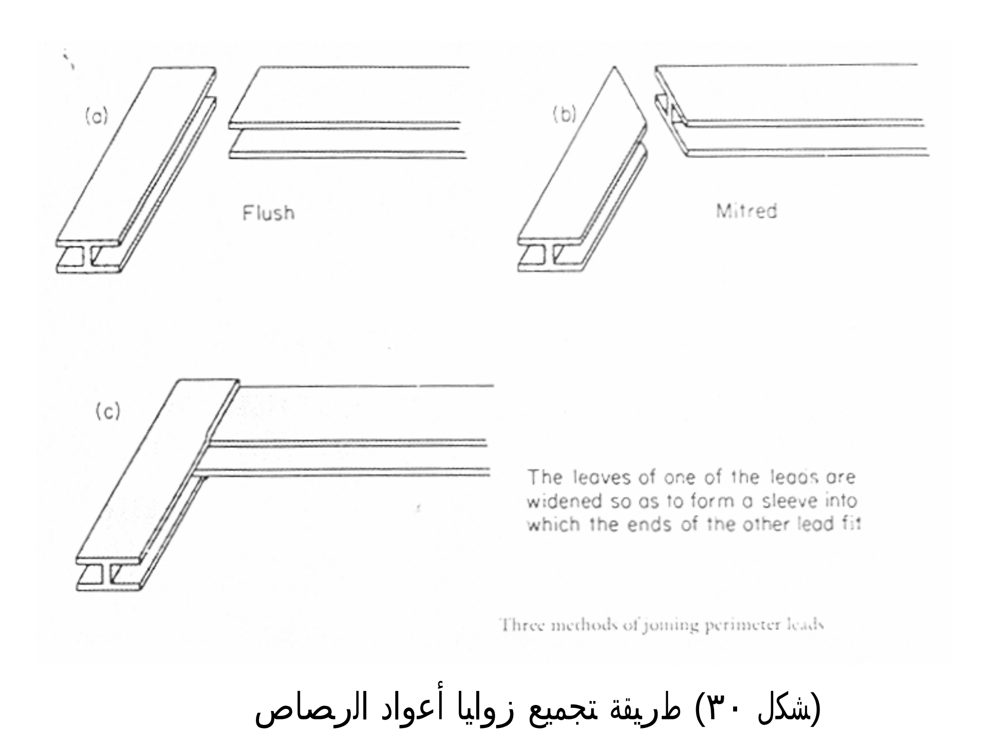
ويضيف (فينست أوبرين، ١٩٨٢) أن هناك ثلاثة نقاط يجـب تـذكرها عنـد إجراء عملية اللحام:

١- إذا لم يسيل اللحام فذلك بسبب أن الحديد- مكوة اللحام- باردة (شكل٣٢-أ).

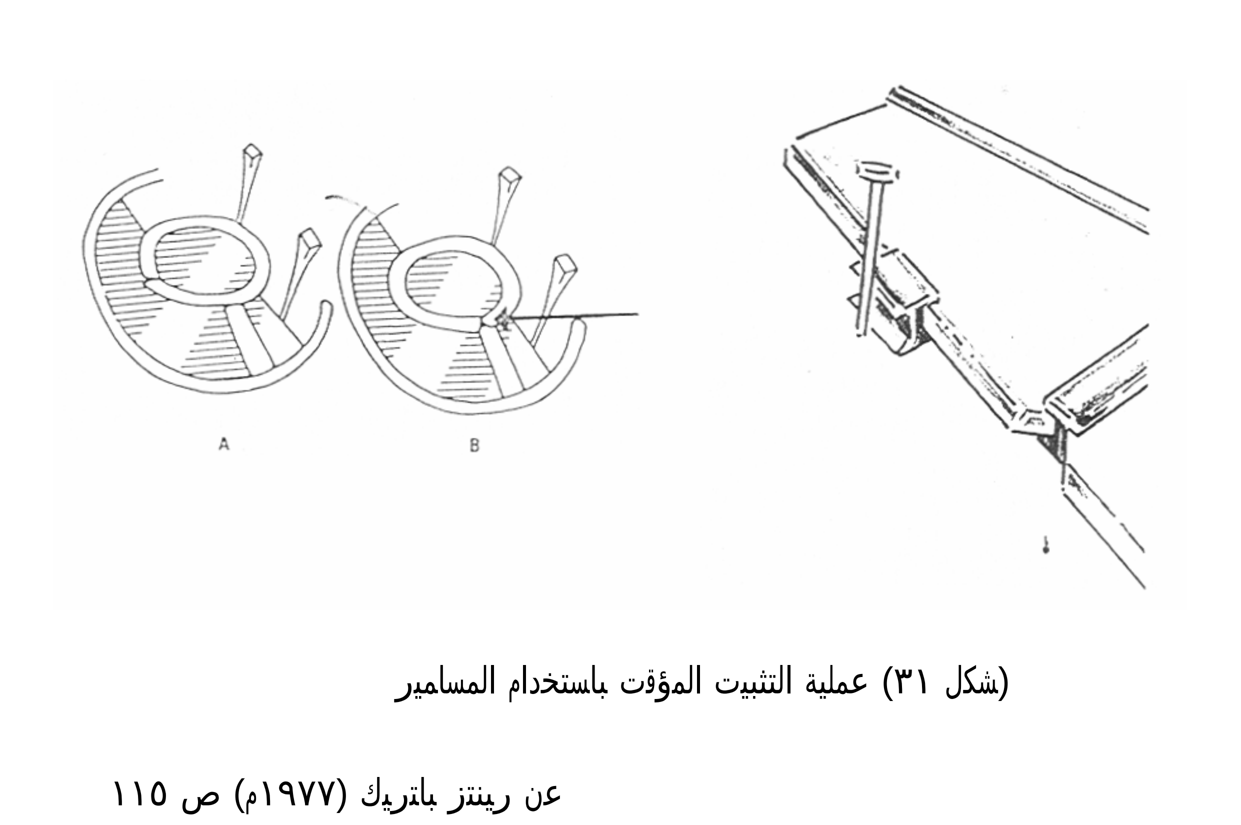
٢- إذا كان لحام الحديد – المكواة- يجعل عرض-سمك- الرصاص يـسيح فـذلك بسبب أن المكواة ساخنة جداً (شكل ٣٢-ب).

٣- إذا كان اللحام يسيل على شكل قطرات صغيرة فذلك يراجع إلى عدم اسـتخدام مزيل الأكسدة Flux ص ٥٦.

ولإجراء عملية اللحام يرى (زينهم، ١٩٩٥) مراعاة الخطوات التالية:

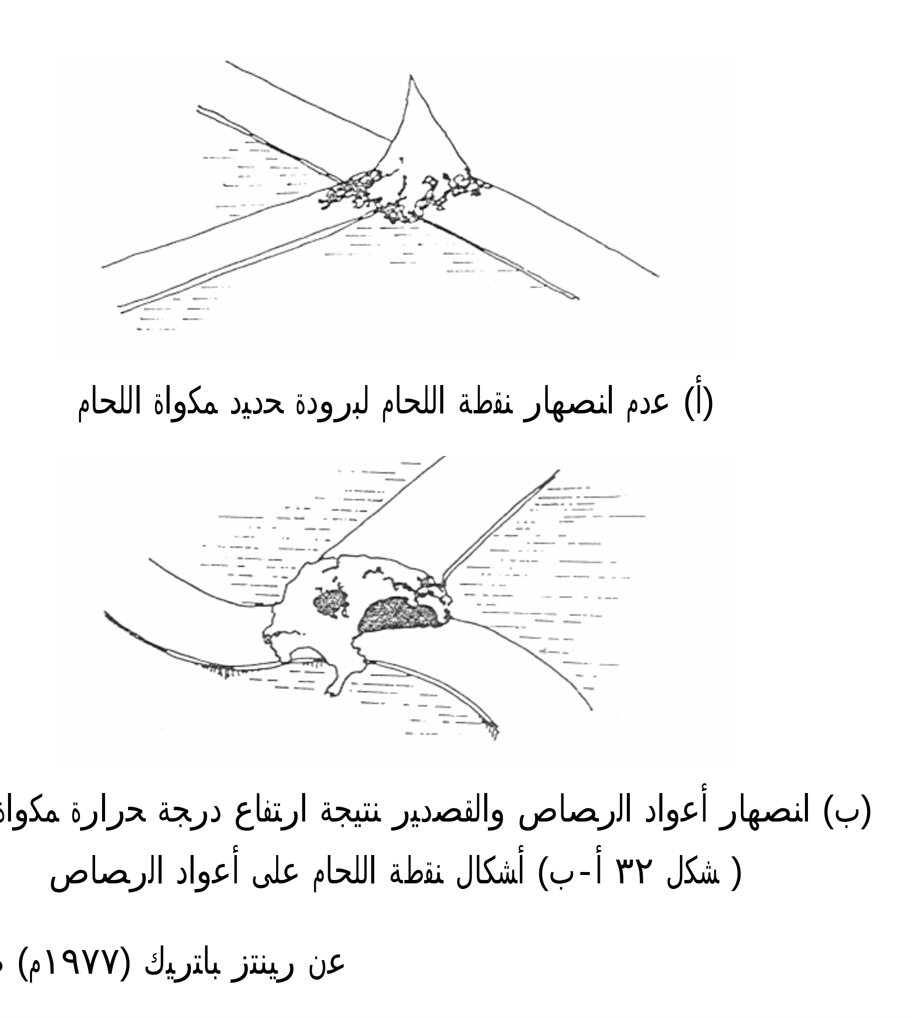



(شكل ٣٠) طريقة تجميع زوايا أعواد الرصاص




(شكل ٣١) عملية التثبيت المؤقت باستخدام المسامير

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١١٥

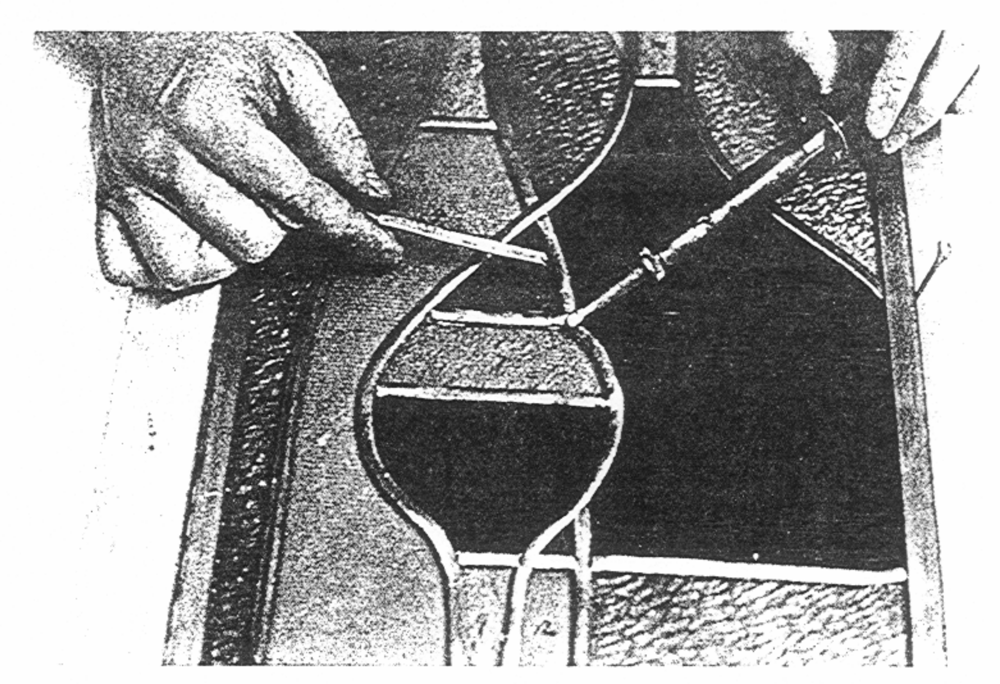


(أ) عدم انصهار نقطة اللحام لبرودة حديد مكواة اللحام

(ب) انصهار أعواد الرصاص والقصدير نتيجة ارتفاع درجة حرارة مكواة اللحام

( شكل ٣٢ أ-ب) أشكال نقطة اللحام على أعواد الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٢٠



Soldering the joint. Place the solder directly over and on the joint and bring the bit down vertically onto it

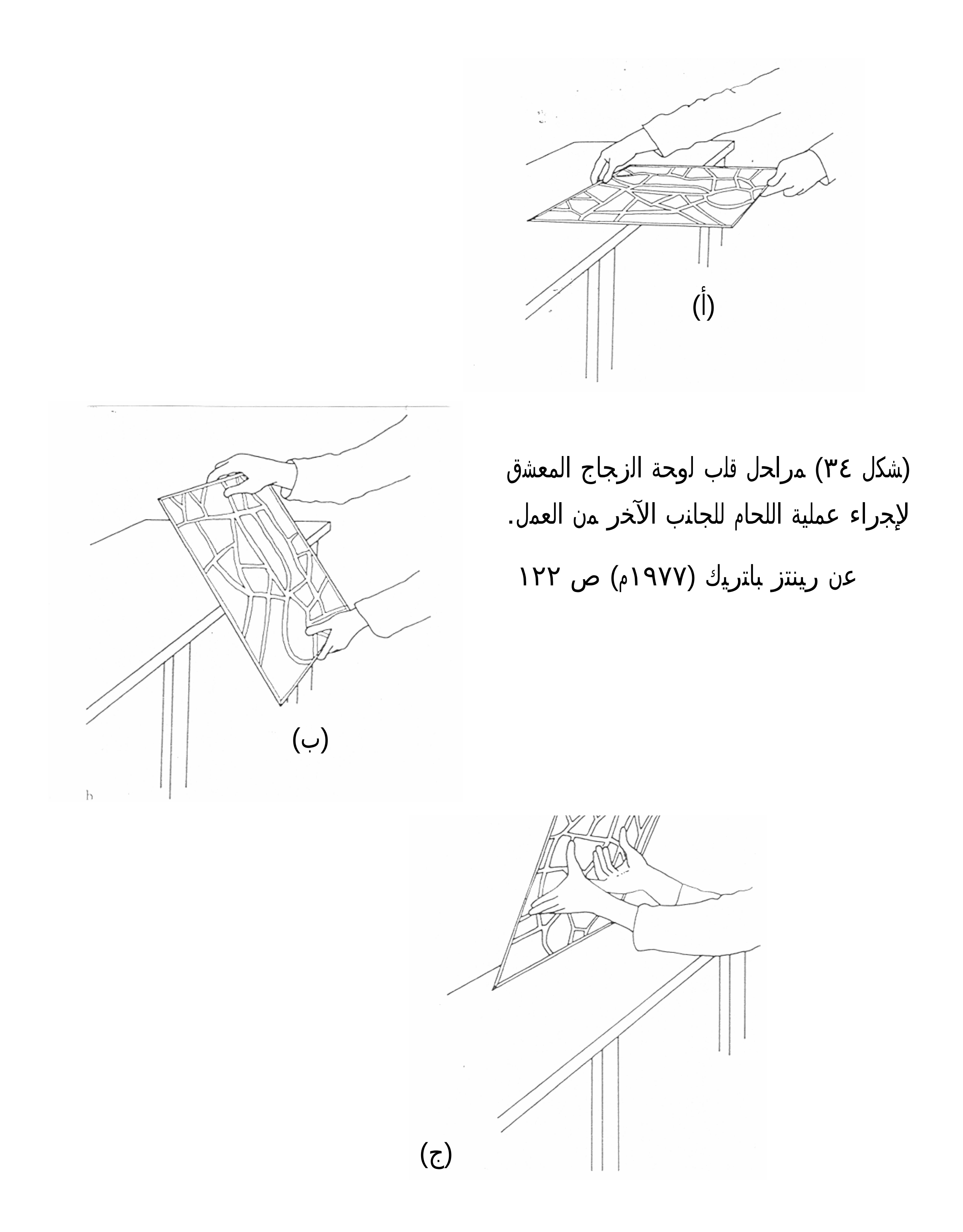
(شكل ٣٣) عملية التعشيق واللحام

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ٨١

أولاً: صنفرة الأجزاء المراد لحامها من أكسدة الرصاص بعد تعرضه للجـو فتـرة طويلة، مما يعمل على إعطاء سطح غير متساو عند اللحام ولذلك يراعى صـنفرة القطعة المراد تركيبها للتأكد من عملية الأكسدة ولإعطاء سطح لحام متساو.

ثانياً: إذا وجدت بعض الفواصل من الرصاص عند التعشيق لم يتم تقابلها مع بعضها البعض، فيجب العمل على وصلها عن طريق قطع أجزاء صغيرة مـن الرصـاص وحشوها في تلك الفواصل حتى تتقابل أعواد الرصاص مع بعضها قبل عملية اللحام (ص٦٠).

- ويتم تنظيف وصلات الرصاص قبل عملية اللحام باستخدام فرشاة سـلك ناعمـة صغيرة، أو بواسطة فرشاة صغيرة يوضع كمية من حمض الكبريتيك (ماء النار) Flax ليساعد على تنشيط اللحام وإزالة المواد العالقة بالرصاص والتي تعمل على إعاقة عملية اللحام.
- تجرى عملية اللحام (شكل ٣٣) باستخدام القصدير الذي يسيل عند درجة حرارة منخفضة عن الرصـاص، إذا أن أدنى درجة انصهار لمركب اللحام المكـون من ٦٢% القصـدير و٣٨% رصاص تنصهر عند درجة ٣٦١ فهرنهيت (١٨٣ درجة مئوية) (فنيسنت أوبرين Vencent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٥٧) ويراعـى أن يتم اللحام بإتقان والعمل على تسويته جيداً وإزالة الرايش العالق به.
- بعد أن يتم لحام أحد جانبي اللوحة يتم نزاع الشرائط الخشبية الرقيقة التي تثبـت زاوية اللوحة مع الحرص عند قلب اللوحة حيث لا زالت فـي حالـة هـشاشة، والطريقة الصحيحة هي سحبها على لوحة من خشب الأبلاكاج Polywood ثـم وضع قطعة من نفس الحجم فوق اللوحة حتى يمكن قلب اللوحة ليتم لحام الوجه الآخر على منضدة التعشيق وإجراء عملية اللحام (شكل٣٤) (زينهم، ص ٦٠).




(شكل ٣٤) مراحل قلب لوحة الزجاج المعشق لإجراء عملية اللحام للجانب الآخر من العمل.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٢٢

**المعجـون:**

يصف (زينهم، ١٩٩٠) تركيبه كالتالي:

"هوعبارة عن عجينة مكونة من الأسبيداج + أكسيد الحديد الأحمر (الـسيلقون) مع وسيط يكون من زيت بذر الكتان المغلي، وقليل من الغراء وتخلط العجينـة جيداً حتى تصبح ذات قوام متماسك، وبعد ذلك يضاف إليها القليل من الألـوان الترابية السوداء حتى تعطي لوناً داكناً مثل لون الرصاص تقريباً، وهناك أنواع من هذا الخليط تباع جاهزة في عبوات صغيرة، وفائدة هذا المعجون هـو ملء الفراغ الناتج عن تجميع الزجاج والرصاص (شكل٣٥ ) والواقع بـين حـافتي الرصاص وسمك قطعة الزجاج، ويعمل المعجون على تقوية وتماسك الحـشوة الزجاجية " (ص٩٣).

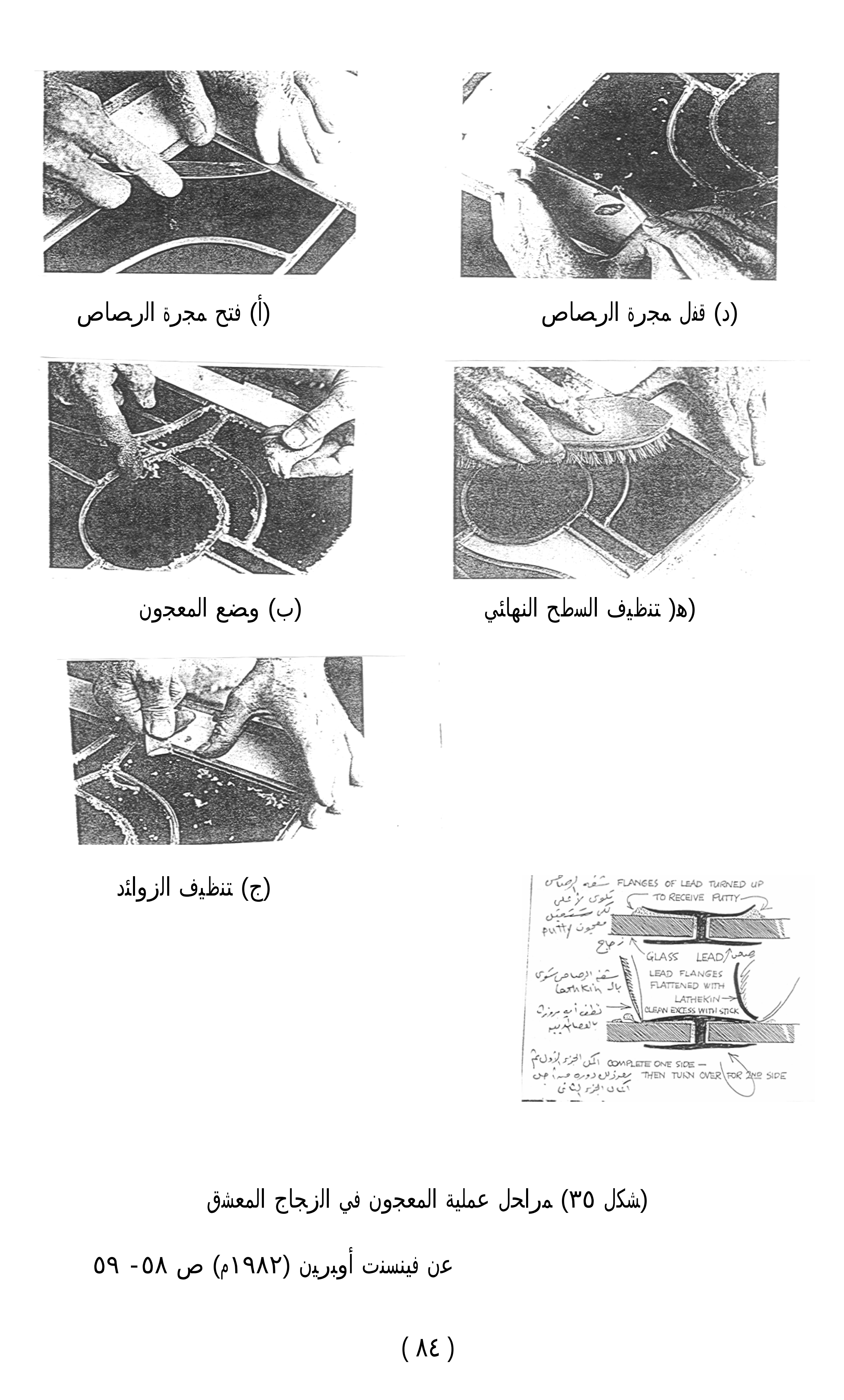
ولإجراء عملية المعجون يجب اتباع الخطوط التالية:

١- وضع كمية قليلة من المعجون على الحشوة والضغط عليها في اتجـاه أعـواد الرصاص (شكل٣٥)، أما عن طريق الإصبع أو عن طريق أداة فتح الرصاص الخشبية المستعملة لفتح وتسوية الرصاص، وتجرى هذه العملية إلـى أن يـتم معجنة الحشوة كلها.

٢- تحضر قطعة من الخشب على هيئة القلم الرصاص مدببة مـن الحافـة وذلـك لإجراء عملية التنظيف من المعجون العالق بالزجـاج والزوائـد مـن أعـواد الرصاص، ويفضل الخشب عن المعدن لما يسببه من خدش للزجاج.

٣- يرش سطح الحشوة بمادة التبييض (الاسبيداج أو الزنك) وتجرى عليها عمليـة دعك بالفرشاة الخاصة بذلك حتى تساعد على تخلل المعجون داخل الفراغـات وتساعد أيضاً على عملية التنظيف الجيد والتلميع، بعد ذلك يعاد إجـراء نفـس العملية على الوجه الآخر.

بانتهاء عملية المعجون والسمنت تنظيف الحشوة وترك لمدة ٢٤ساعة لكي يتم جفافها جيداً وتصبح الحشوة المجهزة من الزجاج المؤلف بالرصاص معدة للتركيب" (زينهم، ١٩٩٥، ص ٦٢- ٦٣).




(د) قفل مجرة الرصاص

(أ) فتح مجرة الرصاص

(هـ) تنظيف السطح النهائي

(ب) وضع المعجون

(ج) تنظيف الزوائد

(شكل ٣٥) مراحل عملية المعجون في الزجاج المعشق

عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢م) ص ٥٨- ٥٩

**الزجاج المؤلف بالنحاس**:

استخدمت هذه التقنية كما ترى (هوايد عبد الغفار، ١٩٩٩م) في:

" تنفيذ التصميمات سواء الكبيرة أو الصغيرة ومميزاتها تتيح للفنان عمل قطع داخل التصميم صغيرة جداً، وقد ظهرت تلك التقنية في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين ونمت على يـد تيفنـي Tiffany بالولايـات المتحـدة الأمريكية، وهي تتلخص في لف شرائح النحاس الرقيقة حول قطع الزجاج مـن الحروف وتوضع قطع الزجاج بجوار بعضها البعض حسب التصميم" ص٢١٨.

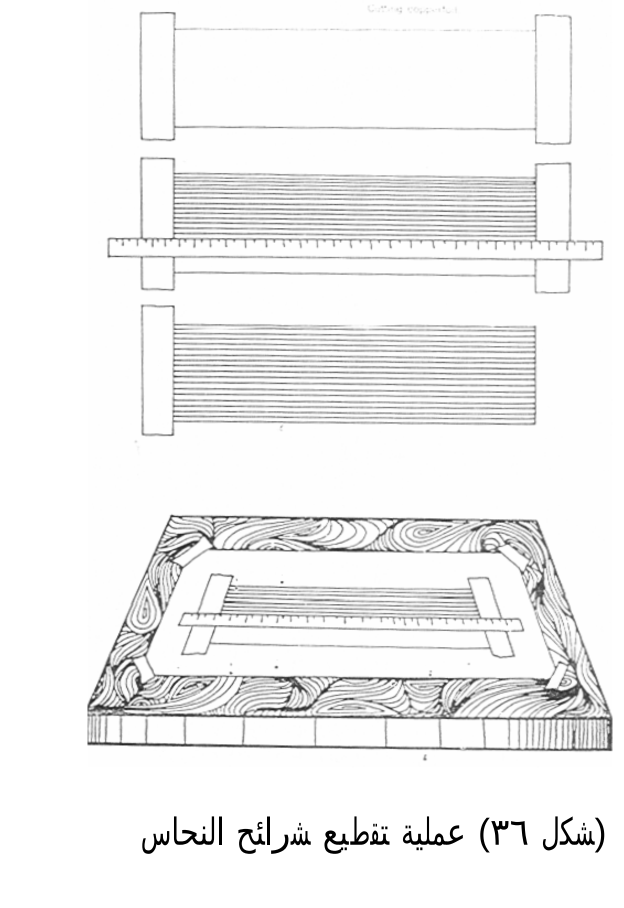
ويقوم الفنان بعملية اللحام بسبيكة من القصدير وقد أتاحت للفنان أن يـدخل بتصميمه قطع صغيره تتيح له إنجاز منحنيات شديدة داخل التصميم.

وهذه الرقائق متاحة إما على شكل ألواح يتم تقطيعها (شكل٣٦) أو على شـكل بكرات ذات شريط صغير (شكل ٣٧)، ويضيف أن الأكثر شيوعاً من تلك الشرائط النحاسية هو النوع الضيق ذو الظهر اللاصق ويمكن سحبه من البكرة وتطبيقه على حافة الزجاج، وعندما نريد وصل قطعتين من الزجاج يدهن النحاس بفرشـاة بهـا مساعد اللحام flux، وبعد ذلك يمر باللحام فوق الأسطح النحاسية المتجاورة رابطـاً إياها معاً (شكل٣٨) وبهذه الطريقة فإن الأسطح المنحنية مثلها في ذلك مثل القطـع الزجاجيـة المنحنية يمكن أن نربطها معاً بسهولة (عنايـات المهـدي، ١٩٩٥، ص ٤١- ٤٢).

**التجهيزات والخامات الخاصة بهذه التقنية**:

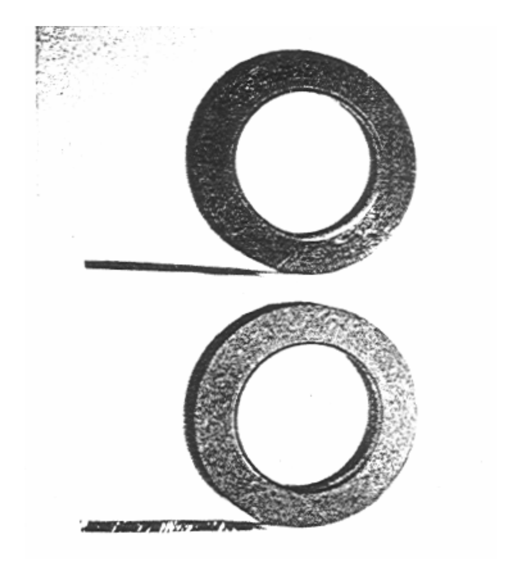
ويمكن إيجاز تلك التجهيزات فيما يلي:

١- يقطع الزجاج حسب التصميم المقترح مع مراعاة تنعيم حـواف تلـك القطـع بصنفرة الحافة بآلة الشحذ الكهربائية أو بالحجر اليدوي حتـى يتناسـب تمامـاً الجزء الداخلي أو الأجزاء الداخلية والملاصقة لها.



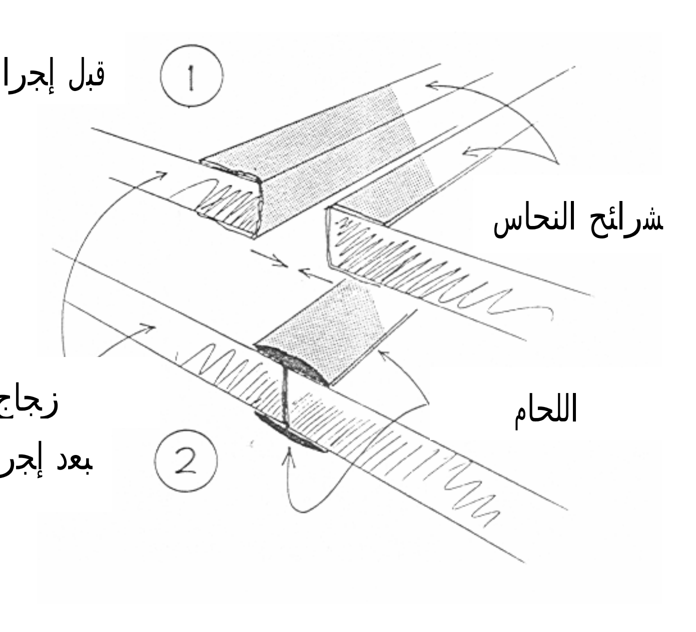
(شكل ٣٦) عملية تقطيع شرائح النحاس

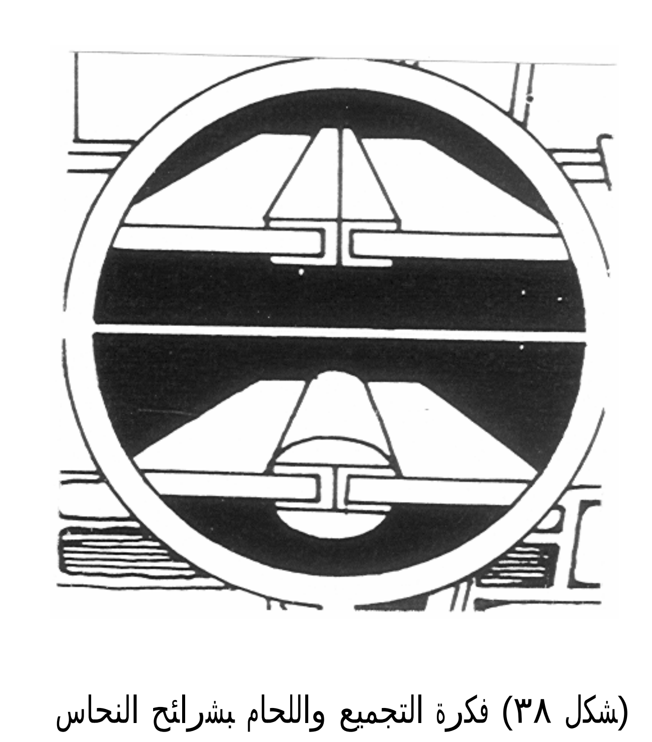
عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٦



(شكل ٣٧) لفات شرائح النحاس ذات اللاصق الذاتي

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ١٧٦



(شكل ٣٨) فكرة التجميع واللحام بشرائح النحاس

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٥١

٢- تجمع قطع الزجاج التي تم تنعيم حوافها وضبطها إلى جانب بعـضها حـسب النموذج.

٣- تحضير شرائح النحاس واسطوانة للضغط على شرائح النحاس وضبط جوانبها، تعرف باسم اسطوانة التطبيق Roiler latkin وهي عبارة عن رول خشب ذات يد تستعمل للضغط على حواف شرائح النحاس بأحكام على الزجاج. (عنايـات المهدي، ١٩٩٥، ص ٤١).

**عملية لف حواف الزجاج بشرائح النحاس Foiling:**

تلف شرائح النحاس التي على شكل شرائط حول حافة كل قطعة منفصلة من الزجاج (شكل٣٩)، وتكون حسب قاعدة اللحام ويتراوح عرضها من $\frac{٣}{١٦}$ ، $\frac{١}{٢}$ ولها شفه ملتوية لتحوي حافة الزجاج، ويراعى قبل استعمالها رفع الورق الذي فوقها بالتدريج قطعة صغيرة كل مرة بينما تلف الشرائح حول حواف الزجاج (عنايات المهدي، ص٤١).

**خطوات عملية اللحام**:

١- يتم ضبط قطع الزجاج الملفوفة بشرائح النحاس (المبـروزة) إلـى جانـب بعضها بعناية ويمكن استعمال دبابيس الضغط على طول الحواف الخارجية للاحتفاظ بها في أماكنها (شكل٤٠).

٢- وضع المذيب على شرائح النحاس (كلويد الزنك) مما يساعد على انتشار اللحام.

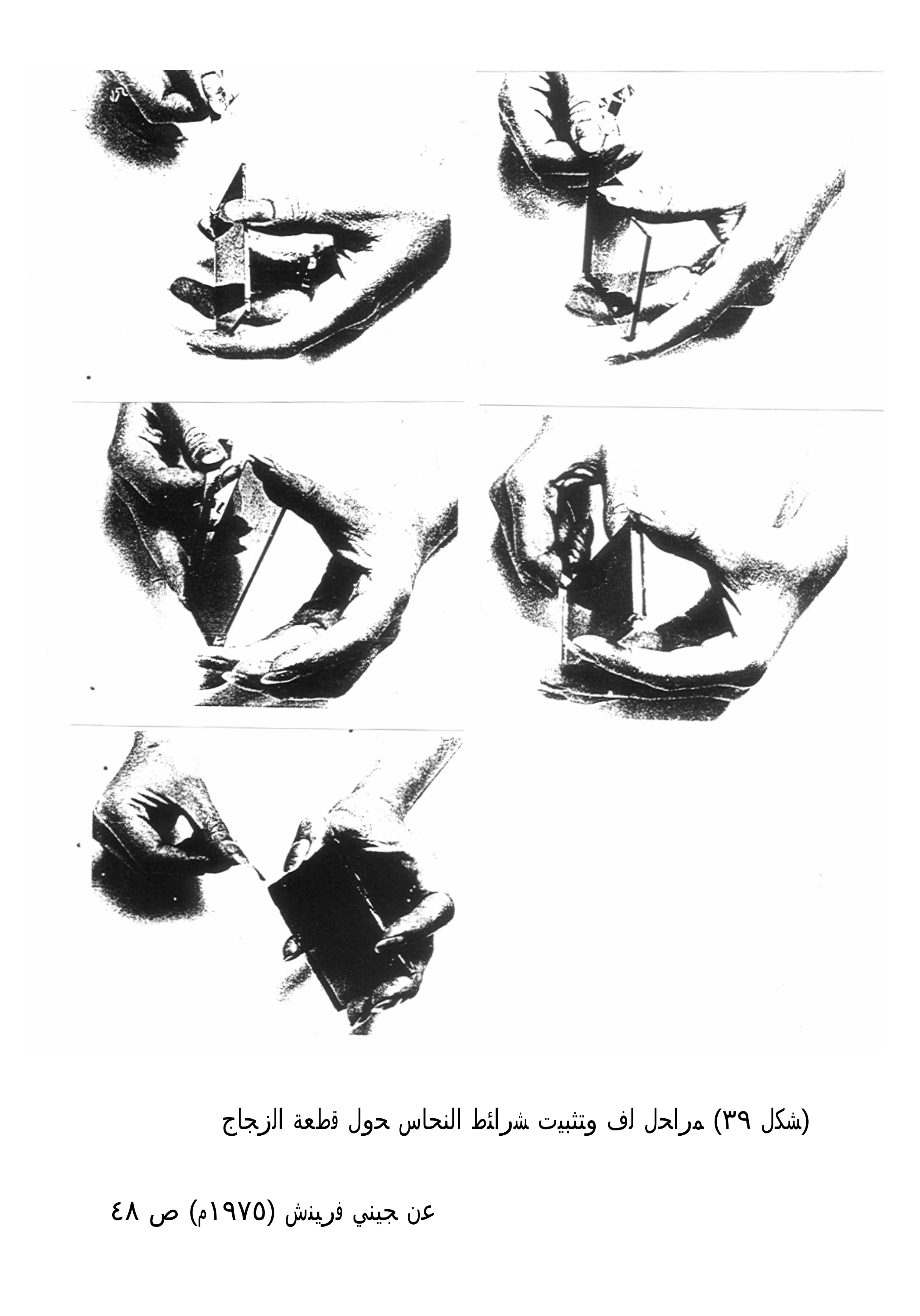
٣- خذ عند كل نقطة تقابل للقطع المختلفة للزجاج قليلاً من اللحام.

٤- ضع القصدير عند جميع خطوات الالتحام في كل جانب.

٥- يرى أن تتم عملية اللحام ببطء وعناية في كل خطوة من خطوات اللحام.

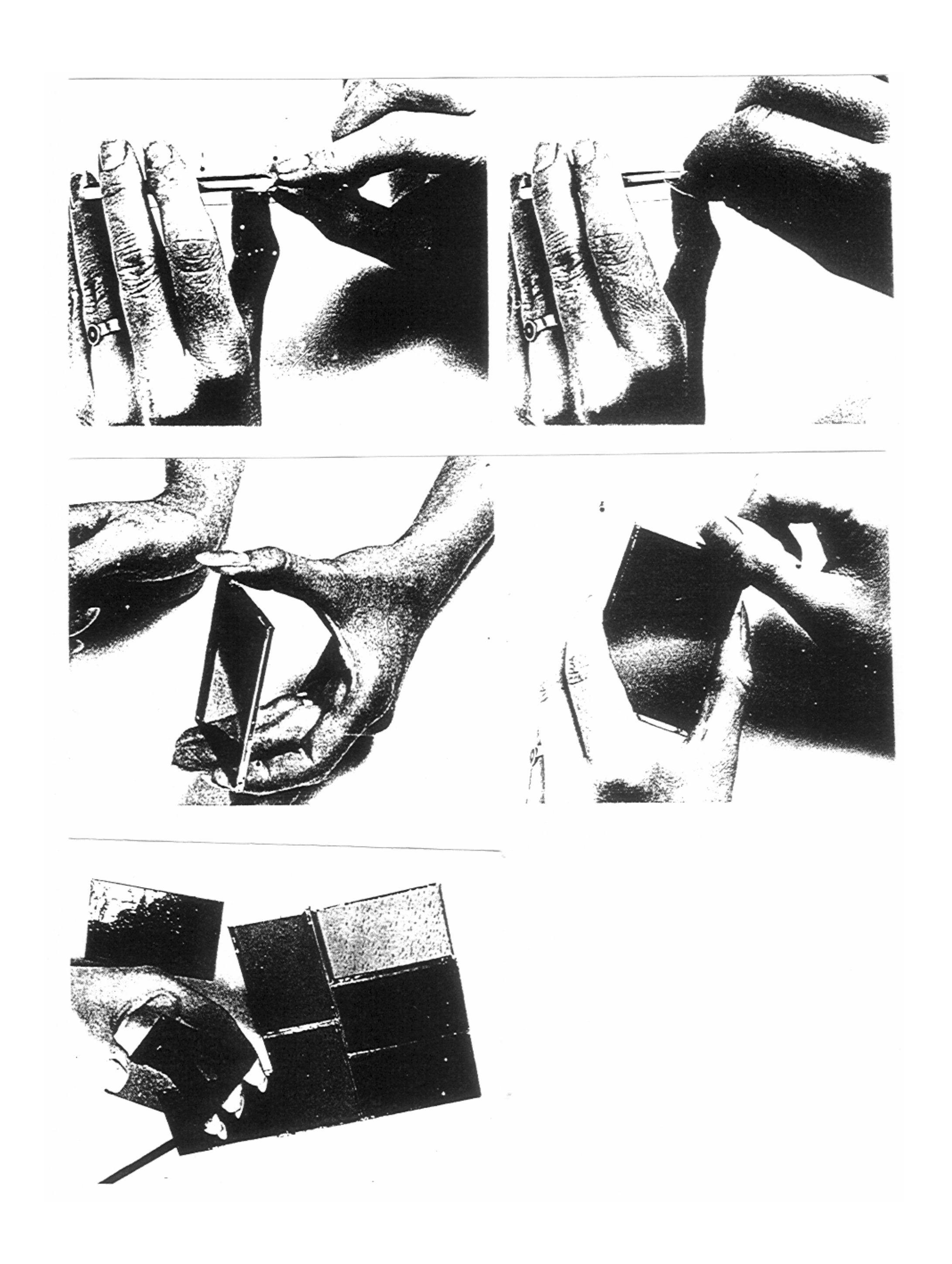
٦- يزال المذيب (مساعد اللحام) بالغسيل بسائل غسيل الصحون.

٧- يوضع إطار من الرصاص أو الزنك مع وضع التعليق في حالة الـضرورة (عنايات المهدي، ص ١٤- ١٥).



(شكل ٣٩) مراحل لف وتثبيت شرائط النحاس حول قطعة الزجاج

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٨



(شكل٤٠) مراحل إنهاء لف وتثبيت شرائط النحاس ووضع القطع في مكانها تمهيد لإجراء عملية اللحام

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٩

**تقنية الرسم والتصوير في أعال الزجاج المعشق**:

يبدأ الرسم والتصوير كعنصر مكمل وذلك بإضافة التفاصيل اللازمة لإبـراز التصميم، من تحديد الخطوط الخارجية للأشكال ومن رسم تفاصيل الوجود وطيـات الملابس في حالة رسم الأشخاص، والوحدات الزخرفية والكتابات واستعمال اللـون الواحد البني أو الأسود المعتم opaqae وينتج من إضافة أكسيد الحديد كمادة ملونـة إلى مكونات الطلاء الزجاجي التي تتضح في الفرق وتلتصق بسطح الزجاج، ورغم بساطة هذه العملية التصويرية إلا أنها ذات أهمية لما تضيفه للعمل من ثراء وتنـوع داخل وحدة تشمل التصميم كله، والأهم من ذلك أنها انتقلت بالزجـاج مـن كونـه فسيفساء شفافه إلى كونه عملاً له سماته الخاصة المميزة.

وتنقسم عملية إظهار الشكل المرسوم في أعمال الزجاج المعشق إلى مـرحلتين هامتين تأتي الواحدة تلو الأخرى كما يلي:

١- الرسم الخطي Tracing: وتسمى أيضاً رسم الخطوط الأساسية كخطـوط ملامح الوجه وخصلات الشعر الرئيسية وزخارف وطيات الملابس الأساسية، هـذا بخلاف خطوط أعضاء الجسم الأساسية كأصابع اليد والقدمين أو الأظافر ولا ننسى خطوط الحلي والقلائد التي قد ترتديها الشخصية.

وتسمى عملية رسم الخطوط الأولية أو الأساسية- في أعمال الزجاج المعـشق فقط Tracing، ويسمى الخط المرسوم بـ Trace line ولـيس Out line كمـا فـي أعمال الرسم الأخرى غير الزجاج.

٢- التصوير بالألوان أو التظليل Matting (التصوير بالظل والنور):

ومن الصعب تعريب وتعريف كلمة matting بالتحديد، فهي تعرف في اللغـة التصوير بالألوان المكبية المطفأة، ولكنها معروفة في لغة التصوير علـى الزجـاج بعملية التصوير بالألوان أو الصبغات أو الطلاءات، وهي العملية أو المرحلة الثانية التي تأتي بعد حرق الخطوط الأساسية في الفرن والتي تعرف بالرسم الخطي.

تحقق هذه العملية البعد الثالث وملامس الملابس والإحساس بالبشرة وتـشريح الجسم وتفاصيل الشعر- أي الظل والنور الساقط على الوجه والجـسم والملابـس والشعر وخامة الحلي....إلخ (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٣١).

**أولاً**: **الرسم الخطي**:

يلعب الخط دوراً هاماً وأساسياً في أي عمل فني، فهو المعبر عن الفكرة وهو الناقل للطبيعة سواء كان سميكاً أو رفيعاً مستقيماً أو منحنياً، ويعد رسـم الخطـوط الأساسية من العمليات الهامة جداً في تصوير الشكل، وغالباً مـا يـتم رسـم هـذه الخطوط الأساسية باللون الأسود مع الوسيط الذي يحقق مرونته على الزجاج وللفنان أن يختار بين:

- الصبغة أو اللون بمعنى أدق مع الماء والصمغ العربي.
- أو الصبغة مع الخل الذي لا يستخدم إلا في هذه العملية مع الصمغ العربي فقط ولا يستخدم إطلاقاً مع العملية التصويرية الثانية.
- أو الصبغة مع التربنتينا وإحدى الزيوت.
- من النادر استخدام سيلكات الصوديوم في التصوير بـصفة عامـة، وفـي المرحلة الأولى بصفة خاصة نظراً لصعوبة التصوير بها كمـا أوضـحنا، وإذا لزم الأمر فتستخدم فرشاة معينة والتي تسمى Ox hair.

ولا توجد أفضلية بين هذه الوسائط، حيث ترجع لإمكانية الفنان ورغبته وحبه للتصوير بوسيط معين.

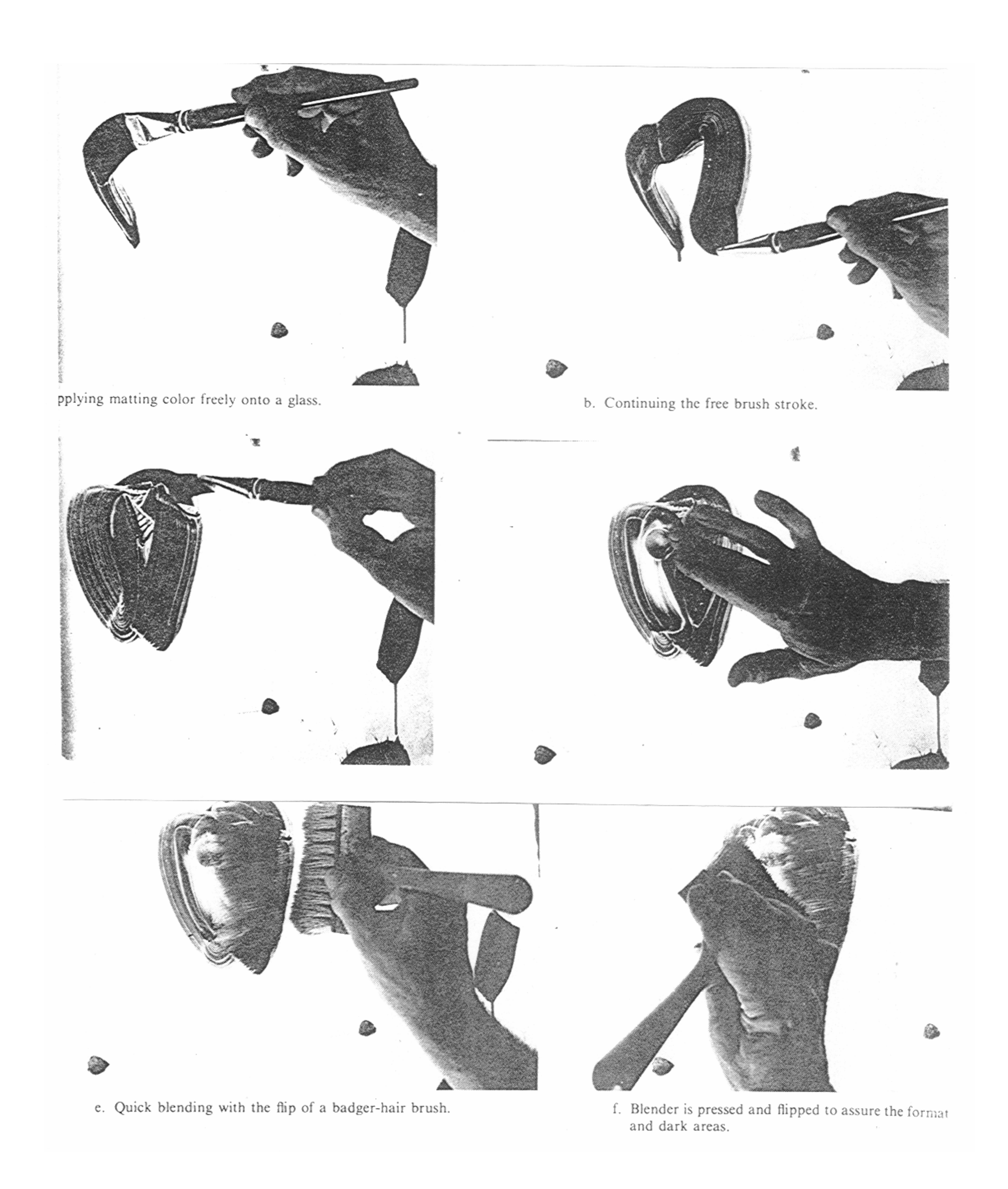
ويمكن للفنان وضع بعض نقاط من الجلسرين (في الماء أو الخل فقط) لضمان سريان الفرشاة بالخليط بانسياب، ويبدأ الفنان بعملية الرسم لخطوطه بعدها يأتي دور عملية الحريق لثبات اللون على الزجاج:

ولكي تتم هذه العملية بإتقان على الفنان مراعاة الآتي:

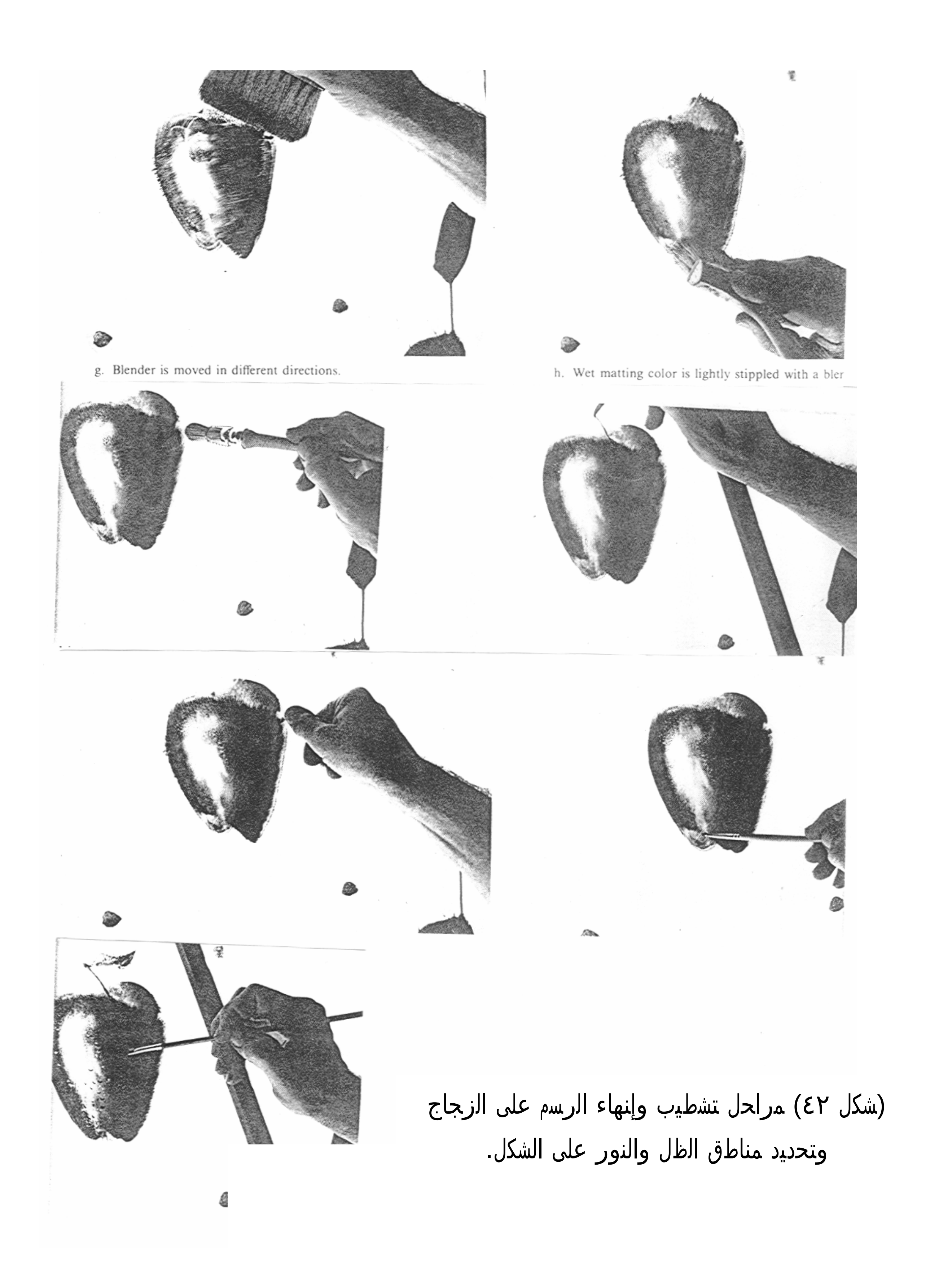
- أن يكون الخط رفيعاً دقيقاً بقدر الإمكان وذلك بواسطة الفرشـاة الخاصـة بهـذه العملية وليس معنى ذلك أن يكون الخط خفيف القوام، لأن الخط الخفيف القوام لن يثبت على الزجاج أثناء الرسم سواء قبل الحريق أو بعده، وإذا كان اللـون ثقيـل القوام فقد يتشقق ونرى آثاره بعد الحريق، إذن لابد لنا أن نتخـذ بينهمـا سـبيلاً وسطاً.
- أن تكون عملية الرسم سريعة جداً أي ما بين عشرة دقائق إلى خمسة عشرة دقيقة خاصة لو كان الوسيط تربنتينا.
- أن يكون التصوير بفرشاة بوضع عمودي – أي بزاوية 90° - وذلك حتى لا تمسح الخطوط التي رسمت ولكي لا يتسخ الزجاج فتظهر آثار اليد بعد عملية الحريـق على هيئة بثرات وبقع، ولذلك يلجأ الرسامون إلى مسند خشبي.
- يراعى البدء من أعلى القطعة ثم أقصى اليمين ثم منتصف القطعـة ثـم أقـصى اليسار ثم أسفل.

فعلى سبيل المثال:

لو أردنا رسم صورة شخصية (بورتريه) فنبدأ بالشعر ثم الحاجـب الأيمـن فالأيسر ثم الإذن اليمنى فالعينان فالأنف ثم الفم وبعـدها الرقبـة... وهكـذا علـى التوالي.




(شكل ٤١) مراحل تنفيذ الرسم المباشر على الزجاج واستخدام فرش فرد اللون ثم استخدام فرش التسريح والمزج




(شكل ٤٢) مراحل تشطيب وإنهاء الرسم على الزجاج
وتحديد مناطق الظل والنور على الشكل.



(شكل ٤٣) كيفية استخدام الأصابع في فرد اللون
وعمل الملامس على سطح الزجاج.

**ثانياً: التصوير بالظل والنور:**

وهي – كما ذكرنا- المرحلة الثانية في عملية التصوير وهي التصوير بالظل والنور أو التنغيم، تأتي بعد حرق الخطوط الأساسية التي رسمت في المرحلة الأولى في الفرن الخاص بالحريق – والتي سيأتي الحديث عنه بالتفصيل-.

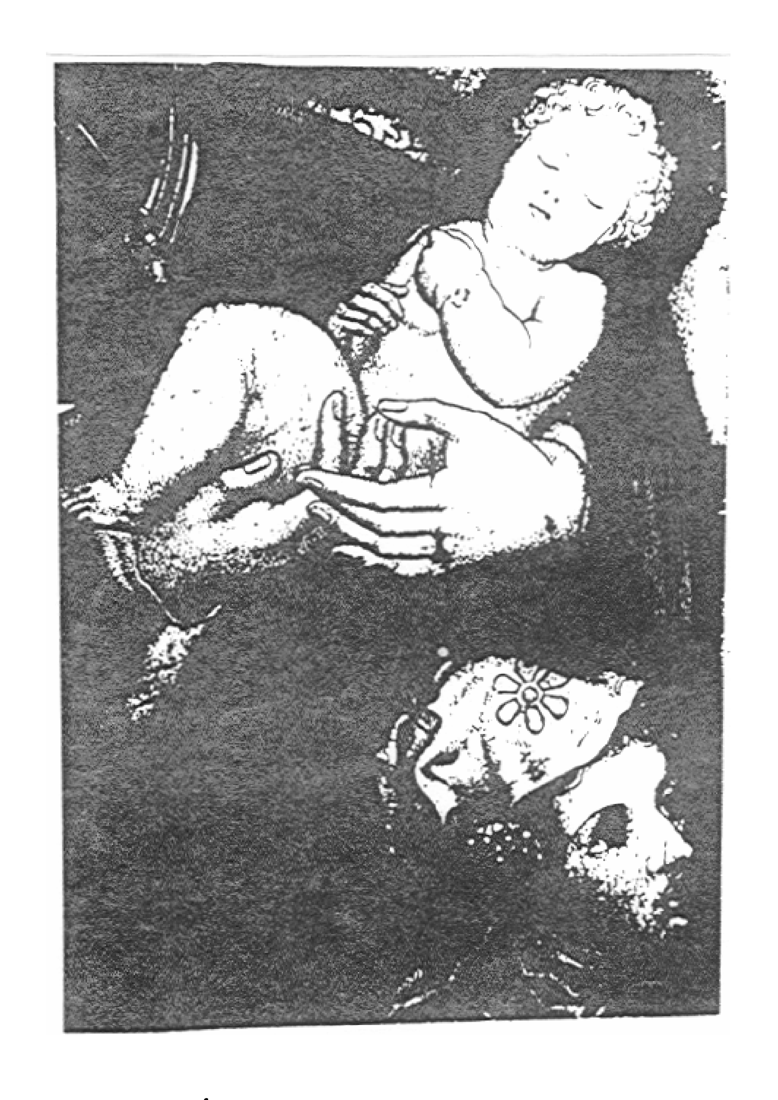
ولكل فنان طريقته الخاصة للتصوير على الزجاج أشهرها طريقتين:

(١) **التصوير بالإزالة**: حيث يتم تطبيق كمية من الخليط على قطعة الزجاج كلها والتي تم حرق الخطوط الأولية فيه، بعدها نبدأ في إزالة المناطق التي يريد الفنان أو تكون فاتحة كالخدين أو الصدر.. إلخ، وكلما أردنا بالدرجة الأفتح كلما أزلنا أكثر وذلك بواسطة فرش خاصة تسمى الفرش التنظيمية Scrubs ، مع ترك الأجزاء الداكنة كما هي ويسميها بعض الفنانين "التصوير بالضوء" Paintings with light ويتم التصوير بها بسرعة تفوق الطريقة الثانية.

(٢) **التصوير المباشر**: بأن يصور بالطريقة المباشرة بالفرش الخاصة كالمظهرة أو المنقطة أو المؤلفة وذلك بوضع لمسات ونقاط صغيرة بجوار بعضها البعض وتسمى هذه الطريقة Stippled matt. (شكل ٤١).

من هنا يجب أن نعرف دور الفرشاة وأهميتها في عملية الرسم والتصوير على الزجاج فهي من أساسيات نجاح العمل التصويري (شكل ٤٢).

وفي هذه الطريقة يتم وضع اللون على قطعة الزجاج المرسومة بالرسم الخطي المحروقة مسبقاً في الفرن الخاص بسرعة فائقة أيضاً- ولكن ليست بدرجة التصوير بالإزالة- وتعتبر الطريقة الثانية (التصوير المباشر) أسهل من الطريقة الأولى (التصوير بالإزالة).



(شكل ٤٤) تفصيلية من عمل للفنان شارل أمير كامب
أوائل القرن العشرين ١٩٠٠

عن رشا عبد المنعم (١٩٩٩م) ص ١٥١

في العمل الرائع "طفولة العذراء" (شكل ٤٤) للفنان شارل أميـر كامـب Charlies Emer Kemp تظهر طريقة العمل، فتظهر الخطوط في ملامـح وجـه وخـصلات الشعر ونرى تفاصيل الأصابع والأظافر وزخارف الملابس وتفاصيل القلادة والخاتم والحلي كلها.

كما يظهر التصوير بالطريقة المباشرة حيث اعتنى الفنان بوضع أدق اللمسات بجوار بعضها، فظهر الوجه والجسم مجسماً حيث سجل الظل والنور في هذا العمل، مع الاهتمام الفائق بتفاصيل الملابس والقبعة التي ترتديها الفتاة أسفل العمل الرائـع الذي تم تنفيذه في أول القرن العشرين سنة ١٩٠٠م.

## أ- التصوير بالملونات

### ١- التصوير باللون الأبيض: Obscuring white

وهو عبارة عن لون يضاف إلى سطح الزجاج لعمل أرضية بيـضاء، وهـي طبقة تكاد تكون معتمة، تعتمه وتجعله يظهر مسطحاً باهتاً بدون تـلألأ أو بريـق، وصبغة اللون الأبيض لا تغير من اللون الأصلي للزجاج، وإنما تستخدم فقط لتهدئة درجات اللون.

ولتحقيق أفضل النتائج يفضل استخدام اللون الأبيض مـع الزجـاج الأثـري (الآنتيك) Antiqu أو الأوبلسنت Opalescent بشكل الحجر الكريم عين الهر، لأنـه لن يستجيب للون نظراً لأنه من ضمن مكونات هذه النوعية من الزجـاج، ويخلـط اللون الأبيض مع الماء والصمغ العربي جيداً أو مع زيت التربنتينـا، ولا أفـضلية لأحدهما على الآخر فكلاهما يصلح كوسيط، ويمكن أثناء العمل الـسريع –لـسرعة جفافه- أن نتحكم في درجة الشفافية حسب سمك الطبقة المضافة، وغالباً ما يحـرق اللون الأبيض تحت درجة حرارة تتجاوز ˚1100 فهرنهيت دون الخـوف مـن أي تلفيات، وعادة ما يوضع اللون الأبيض على السطح الخارجي للزجاج في حالـة إذا كان السطح الداخلي قد تلون بلون آخر، ولكنها ليست قاعدة فهي تعتمد على رغبتنا في الإحساس بالتأثيرات المختلفة والألوان العديدة (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٣٥).

**٢- اللاستر:**

وهو عبارة عن برنيق سائل يحتوي على المعادن النفيسة المذابـة فـي هيئـة محاول حسب اللون المطلوب، ويطبق بالفرشاة أو الرش، فتتكون أقـل طبقـة فـي الملونات حيث تبلغ ١: ١٠٠٠٠ (عشرة آلاف) من المليمتر، وتعطي درجات ظلية قزحية ذات مظهر براق وتعطي أيضاً الإحساس بزجاج الأوبالـسنت وهـي تبـدو بوضوح أكثر في الضوء وأحياناً يضاف إليها أساليب أخرى ودرجة حريقها لثباتهـا على الزجاج هي°540م (مصطفى عبد الرحيم، ١٩٨٤م، ص ١٢٧).

**ب- التصوير بالصبغات**

**- التصوير بالصبغة الصفراء " صبغة الفضة" :**

ظهـرت الصبغة الصفراء Silver Stain- كما ذكرت (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م)

> " في القرون الوسطى وبالتحديد في القرن الرابع عشر الميلادي. وقـد تزايـد استخدامها عبر القرون بتوسع كبير، لأنها تتيح الفرصة للفنان للتصوير بـاللون الأصفر بدرجاته المختلفة على أنواع الزجاج المتعددة، كما أنها تعطي الفرصـة أيضاً للتصوير بلونين على قطعة واحدة على السطحين" (ص ١٣).

"والصبغة الصفراء أو صبغة الفضة مادة ملونة تتركب مـن نتـرات الفـضة Silver nitrat أو Nitrate silver مع الـصمغ الكمبـودي Gamboge Gum، وهـو صمغ برتقالي مائل إلى اللون البني يستخلص من شجر بجنوب شرق آسيا، يضاف إلى هذا المزجي القليل من الصمغ العربي والماء.

وتسمى هذه العملية "بالصمغ" أو "التشريب" Staining، وهي عبارة عن وضع طبقة صلبة لها كثافات متعددة تتراوح ما بين الأصفر الباهت إلى البرتقالي (الفاقع) على سطح الزجاج.

تخلط هذه الصبغة بالماء (إلا في الحالات النادرة) والصمغ لتعطي مادة مركبة رابطة بعدها يصور بها على السطح الخارجي أي على ظهر قطعة الزجاج المـراد

صبغها به لا على وجهها، ثم تحرق بعدها في الفرن، وخلال هذا الحريق تتخلل نترات الفضة Silver nitrate مسام الزجاج لتعطي هذا اللون الأصفر ودرجاته المتفاوتة المتعددة ليصبح جزءاً من سطح الزجاج، وبعد عملية الحريق يغسل الزجاج ومعه الصمغ الكمبودي فيظهر الزجاج رائعاً.

ويفهم الصناع هوية هذه الصبغة ومدى تدرج اللون لديها ولكن لا يستطاع ضمان نتائج التصوير بها بكل دقة، فقد يقبل سطح الزجاج كل هذه الصبغة أو جزءاً منها، ولهذا يجب اختيار نوع ولون الزجاج قبل بدء عملية التصوير، وبصفة عامة يمكن للصبغة الصفراء أن تتحول إلى اللون البرتقالي القاتم والعكس ليس صحيحاً على الإطلاق.

كما يجب أن نعرف أنه كلما كان الزجاج صلباً كلما قلت قابليته للشبع بالصبغة ويتوقف اللون المطلوب على عاملين أساسيين:

- الزمن المستغرق لمعالجة الصبغة بالحريق.
- درجة حرارة الفرن التي تحرق فيها الصبغة فيه.

أي أننا من الممكن إعادة تطبيق الصبغة أكثر من مرة بغرض الحصول على درجات من نفس اللون، حيث أن الصبغة كلما طالت فترة وجودها في الفرن كانت درجة اللون أغمق، كما تعتمد أيضاً على كثافة اللون ونسبة خلطه.

ومن النتائج الفريدة اتجاه الفنان إلى التصوير بالصبغة الصفراء على الزجاج الفلاش فهي تعطي نتائج جيدة قد لا تكون متوقعة.

وهناك نقطة غاية في الأهمية، إذ يجب عدم المقارنة بين التصوير بالصبغة الصفراء على الزجاج وبين التصوير بالألوان الزيتية أو المائية مثلاً لأن التصوير بالصبغة الصفراء يحقق الحصول على اشتقاقات لونية على الزجاج الملون ويأتي

السؤال هل تغير الصبغة الصفراء من الوسيط الزجاجي فيتغير الزجاج الأزرق مثلاً إلى اللون الأخضر أو الأحمر إلى البرتقالي ؟

ونجيب: كلا. حتى لو ظهر تأثير طفيف يختفي عند رفعه في الضوء الـساطع (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ٩٧- ٩٨).

**طرق التصوير بالصبغة الصفراء**:

تخلط الصبغة الصفراء بالماء بواسطة السكينة على البالته الزجاجية، ولابد من توفير الوقت المناسب لتحويل بودرة الصبغة إلى ما يشبه (الكريمة أو الزبادي).

ولابد أن تكون رطبة مع تحاشي تشبيعها بالماء لأنها لو خففت ستخفف أيـضاً نترات الفضة التي بالخليط وسيؤدي ذلك إلى أنها ستنفصل مما يجعل الصبغة تبـدو كأنها بثرات وبقع كالرقعة تصبح بعدها غير فعالة لا تؤدي نفعها أو الغـرض مـن استعمالها.

**وللتصوير بالصبغة الصفراء تتبع إحدى طريقتين**:

١- الأولى وتسمى الطريقة المباشرة: حيث تضاف للصبغة القليل من المـاء، ثم ترسم بطريقة مباشرة بالفرشاة التطبيقية/ المظهـرة Applicatior brushes دون أي محاولة للخلط، وتتعرض هذه الطريقة لتغيرات مفاجأة في حدة وكثافـة اللـون عقب تكرار الضربات الناتجة من الفرشاة.

٢- الثانية: أما هذه الطريقة فتتدرج فيها حدة وقوة اللون من الفاتح إلى الغامق أو من باهت للفاقع بالتدريج بعد أن تخلط جيداً بالفرش السابق ذكرها، ولا ننسى أن تتحرك الفرشاة بشكل عمودي بخفة على سطح الزجاج بادئين بالفاتح إلى الغـامق، ولو أردنا أن نزيد من قوة التدريج يمكننا وضع الفرشاة بزاوية $60°$ وقد نحتاج إلى طاولة مضيئة Light table كما أن الماء عامل غاية في الأهمية لضمان جودة العمل

واستمراريته، وخاصة في تصوير الدرجات الفاتحة، وعلينا وقف عملية التـصوير عند جفافها فلابد أن يكون المزيج رطباً.

ستكون عملية النظافة أكثر سهولة قبل جفاف المزيج تماماً لأنه في حالة جفافه نضطر لفركه وحكه أولاً نظراً لوجود نوعين من الصمغ بالخليط.

أما إذا كان الوسيط هو التربنتين بدلاً من الماء فإن مدة جفافه سيكون أطـول وبالتالي سيصبح تنظيف السطح أسهل.

ويجب الانتباه إلى أنه بعد الانتهاء من العمل مباشرة لابد من تنظيـف جميـع الفرش والمعدات المستخدمة فوراً، وذلك لحماية الفرش من تأثير نتـرات الفـضة المدمر سواء لشعرها أو معدنها (البيناس السكوس، ١٩٨٠م، ص ٣٨-١٠٠).

**ب- التصوير بصبغة النحاس Copper stain:**

ظهرت صبغة زجاجية أخرى كتطور لصبغة الفضة وتسمى صـبغة النحـاس Copper stain أو ما يطلق عليه (الحفر الأحمر Red Etching).

ولكن تطبيقها أكثر تعقيداً من صبغة الفضة وتحتاج لعنايـة فائقـة للتجريـب والحصول على نتائج مرضية.

تتأثر صبغة النحاس بالقلويات والأكاسيد الموجودة في الزجاج علـى عكـس صبغة الفضة، لذلك يفضل لها نوع خاص من الزجاج يسمى الزجاج البوتاسـيومي وهو زجاج ذو قاعدة قلوية (٦% من أكاسيد البوتاسيوم) فيحل أكسيد الكالسيوم مـع أكسيد المنجنيز ليعطي تأثيراً أفضل.

وقد نحصل على نتائج نسبية أو قريبة من الدرجـة المطلوبـة إذا اسـتخدمنا زجاجاً صوديومي إلا أن ذلك يتطلب عدة مرات للحريق.

وللحصول على أفضل نتيجة يستخدم كلوريد النحاس، فإنه سريعاً مـا يتحـد بسطح الزجاج الساخن بعد عدة ساعات منتجاً أيونات النحاس مغطياً سطح الزجـاج

بطبقة من كلوريد الصوديوم بعد التبريد، وبعد التبريد يغسل الملح جيداً من على المنتج، ويعاد تسخينه مرة أخرى في جو مختزل.

ولقد أمكن الحصول على نتائج من مزيج صبغة النحاس مع صبغة الفضة، ولكن هذا يتطلب مهارة خاصة أثناء التطبيق، ومن المهم في التطبيق العلاقة بين عامل الوقت ودرجة الحريق.

ويجب الأخذ في الاعتبار أن كلاً من الزنك والكلوريد يلعبان دوراً هاماً في إبراز اللون، وغالباً ما تكون درجة الحرارة ٩00م وذلك لاختزال وإظهار أحد المعادن على سطح الزجاج أو لحرق المواد الملونة الزجاجية (مصطفى عبد الرحيم، ١٩٨٤م، ص ١٠٠- ١٠١).

**ألوان التصوير على الزجاج**:

"ألوان التصوير وتسمى الألوان القابلة للحريق أو الألوان الزجاجية Vitreous paints، وهي خليط من الزجاج المجروش الناعم المصنفر مع الأكسيد الملون أو عدة أكاسيد معدنية كالحديد أو النحاس، الكوبلت، المنجنيز.. وغيرها، وتكون هذه الألوان على شكل مسحوق يتم مزجها بوسائط إما مائية أو كحولية أو زيتية والتي تحدد وظائفها فيما يلي:

١- إبراز التفاصيل الدقيقة الجمالية في العناصر المختلفة المتعلقة برسم الأشكال.

٢- إيجاد بعد تشكيلي جديد لم يكن له وجود من قبل عن طريق التصميم والملامس السطحية والدرجات الظلية.

٣- حجب الضوء على سطح الزجاج إذا استلزم الأمر.

**وهما نوعان: إما شفافة أو معتمة- وهي الأغلب-.**

والألوان الشفافة محدودة نصور بها على الزجاج ونجدها في ألوان محددة كالأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي والوردي وبعض الدرجات البنية.

أما الألوان المعتمة فهي التي لا تعطي بريقاً كالشفافة، وليست كالصبغات Stains، وأبرز الألوان المعتمة الأسود والأبيض والبني والأحمر الخاص بمعالجة البشرة Flesh reds ... وغيرها من الألوان بدرجاتها.

كما إن هناك تشابهاً بين الرسم والتصوير على الورق وبين التصوير بالألوان الخاصة على سطح الزجاج، فكلاهما يوجد بعداً ثالثاً على السطح، وبالطبع نجد الاختلاف بينهما شفافية السطح (سطح الزجاج)، ومن هنا يجب على الفنان المحترف المصور على الزجاج التحكم في التوازن بين المساحة الملونة وغير الملونة وذلك بالتحكم في الدرجات الظلية ومراعاة توزيع معدلات الضوء في العمل ككل.

ومن أهم ما يجب معرفته هو الاختلاف بين تلك الألوان ومعرفة هوية كل لون ودرجة حريقه في الفرن الخاص به لتصبح جزءاً لا يتجزأ من سطح الزجاج لا تتأثر بعوامل التعرية ولا بأقصى الاحتكاكات التي يتعرض لها الزجاج (البيناس السكوس، ١٩٨٠م، ص ٦).

**مـــواد الألـــوان**:

وتصنيفها (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م عن فيكتور جرجس عوض ا ) حسب لـ ون كل أكسيد كما يلي:

| الأكسـ ـيد | منتج اللـ ـون |
|---|---|
| أكسيد القصدير | يعطي لوناً أبيض. |
| أكسيد تيتانيوم أبيض | يعطي لوناً أبيض. |
| أكسيد الأنتيمون الأصفر | يعطي لوناً أصفر ناصع. |
| أكسيد التيتانيوم الأصفر | يعطي لوناً أصفر مائل إلى البيج. |
| أكسيد اليوارنيوم الأصفر | يعطي لوناً برتقالي مائل إلى الحمرة. |
| أكسيد الحديديك | يعطي لوناً عسلي مائل إلى الحمرة. |
| أكسيد النيكل | يعطي لوناً أخضر. |
| أكسيد الكادميوم | يعطي لوناً أحمر. |
| أكسيد بزموت | يعطي لوناً أحمر باذنجاني. |
| أكسيد الكوبالت | يعطي لوناً أزرق زاهي. |
| أكسيد نحاسيك | يعطي لوناً أخضر فيروزي. |
| أكسيد المنجنيز | يعطي لوناً بنفسجي فاتح. |
| أكسيد الكروم | يعطي لوناً أخضر زيتوني. |
| أكسيد الفضة | يعطي لوناً فضي. |
| أكسيد فانديوم | يعطي لوناً أصفر. |
| أكسيد سيلنيوم | يعطي لوناً أحمر. |
| أكسيد الكوبلت | يعطي لوناً أزرق. |
| أكسيد البلاتين | يعطي لوناً رمادي هادئ. |
| ثاني أكسيد التيتانيوم | يجعل ألوان المينا بيضاء معتمة مكبية. |

( ص١١٩)

**المذيبات اللونية (الوسائط)**

تُعرف المذيبات اللونية "بالوسائط" وهو ما تعارف عليه، وللوسائط دور واضح في طرق التحكم في إبراز الدرجات الظلية، ونظراً لتنوعها وكثرة أصنافها خاصة في الفترة الأخيرة، فقد تطلب ذلك من الفنان معرفة الطرق التقنية وخواص المواد وتركيبة الألوان خاصة عند المزج وصولاً لأفضل النتائج.

ويمكن تقسيم هذه الوسائط إلى:

أ- الوسائط المائية.

ب- الوسائط الكحولية.

جـ- الوسائط الزيتية.

د- المزج بين أكثر من وسيط.

**أ- الوسائط المائية:**

"**١- الماء**: وهو الأساس والأكثر استعمالاً وشيوعاً، فهو المقوم الرئيسي في عملية خلط الصبغات الملونة مع الصمغ العربي والسكر، ومع سيلكات الصوديوم "ماء الزجاج" والخل الأبيض، ويؤكد البيناس السكوز Albinas Elskus (١٩٨٠):

> "يتميز الماء بأنه سائل عديم اللون والرائحة، سريع الجفاف، سهل التطبيق، سهل التنظيف فيمكن إزالة الألوان المستخدمة لها وسيط الماء الزائدة قبل الحريق بغاية السهولة واليسر، وكذلك تنظيم الأدوات والمعدات والفرش المستخدمة أثناء عملية التصوير، فهو لا يمثل خطراً على الفرشاة كما في بعض الوسائط كماء الزجاج، والماء وسيط قابل للتكيف سريع الاستجابة لرغبات الفنان فيمكن بواسطته إعطاء تأثيرات وملامس متعددة، وباستعمال وسيط الماء فإنه يعطي الفرصة للحصول على درجات عديدة من اللون الواحد معتماً كان أم شفافاً، وكذلك يمكن مزج ودمج ألوان وتأثيرات في قطعة واحدة واللون ما زال معلقاً بالماء" (ص ٦١- ٦٢).

كما أن وسيط الماء هو الوسيط الشائع في العصور الوسطى مع اللونين الأسود والبني بالذات مع إضافة الصمغ.

**٢- الصمغ العربي Arabic Gum**

الصمغ العربي مادة قابلة للذوبان في الماء، نحصل عليها من شـجرة أقاقيـا- وهو نوع من شجر السنط-، وهي صلبة في هيئتها على شكل مسحوق أبيض يفقـد لونه عند مزجه بالماء فيصبح شفافاً وتضيف رشا إبراهيم (١٩٩٩م):

" والصمغ العربي مادة سريعة الالتصاق عندما تخلط بحجم متساو من المـاء والمادة الملونة، وعلاوة على ذلك فهي لا تغير من خواص المادة الملونة أو لون الزجاج بالإضافة إلى أنها مادة رخيصة الثمن ويوضع الصمغ بنـسب محـددة لتثبت الألوان فوق سطح الزجاج، فالكثير منه سيجعل المزيج قشرة جافة علـى سطح الزجاج بعد الحريق، ومما لا شك فيه أن القليل منه لا يجعل المادة الملونة تلتصق بالزجاج، لذا لا نعتبر الصمغ العربي مادة لاصقة فحسب، وإنما هو مادة تجعل اللون يناسب بسهولة من الفرشاة على سطح الزجاج فيجعل من التصوير أمراً سهلاً مرناً. (ص١٢١).

يضاف الصمغ العربي للخليط كما يرى البينـاس الـسكوز Albinas Elskus ١٩٨٠ بطريقتين:

- إما على شكل مسحوق جاف مضافاً إلى صبغة أو مادة ملونة جافة بعدها يضاف إليهما الماء، وتسمى هذه الطريقة The Dry- to- dry.
- أو على شكل محاول بحيث يخلط بالماء أولاً ثم بالمادة الملونة الرطبة وتـسمى هذه الطريقة The wet- to wet method (ص٢٤).

**٣- السكـــر:**

ويضيف البيناس السكوز (١٩٨٠) عن استخدام السكر كوسيط:

"وهو من المواد التي يفضل بعض المصورين استخدامها بدلاً من الصمغ العربي وذلك لسهولة الحصول عليه، ورخص ثمنه، وسرعة ذوبانه فـي المـاء عـن الصمغ العربي- ولكنه لا يتفوق على الصمغ العربي فـي عمليـة التـصوير- ويستخدمه بعض المصورين أثناء عملية الرسم الخطي Tracing- التي سيأتي الحديث عنها-، والسكر كالصمغ في بعض صفاته يتطاير أثناء الحريق ويعمـل على التصاق الألوان ولكنه لا يترك أي أثر على الألوان فوق سـطح الزجـاج" (ص٢٥).

**٤- زيوت خاصة:**

- زيت خاص للطباعة بالشاشة الحريرية Silk screen وهو زيت تـشحيم يـسمى (سكويجي) Squeegee oil وذلك بخلطه بألوان المينا أو الألوان القابلة للحريق.
- برنيق (ورنيش) نادر الاستعمال جداً كوسيط- ولكن لا نستطيع إغفالـه- وهـو "برنيق دامار" Damar Varnish يستعمل بدلاً من زيت التربنتينا الـذي يـسمى Venice turpentine كمادة مازجة مع الألوان القابلة للحريق.
- المذيب اللوني المعروف باسم "وسيط التصوير" Medium for painting المكـون من البلسمية+ عصارة الكبية الراتنجية+ لافندر+ قرنفل وذلـك للتـصوير بهـا لألوان المينا وهو خليط سميك ولذلك يخلط بزيت اللافندر.

**د- المزج بأكثر من وسيط:**

"ومن أمثلته الخليط السابق وهو خليط زيت اللافندر والقرنفل ومن عـصارة الكبية الراتنجية Copaiba والبلسمية Balsam وذلك لتصوير بها مع ألوان المينا".

- وعصارة الكبية الراتنجية تنتج من شجر الكبية المعروفة في أمريكا.

- البلسم وهو المجموعة البلسمية: والمجموعة البلسمية هي عصارة نبـات البلـسم وهي مادة زيتية راتنجية عطرة أروماتية، وهناك فصيلة أخرى من الراتنجـات تسمى أروماتية اليفاتية وهي غير عطرة (البيناس السكوز، ص٢٩).

**اختيار واستخدام المعدات الأساسية للتصوير على الزجاج**:

يحتاج المصور للرسم على الزجـاج إلـى أدوات خاصـة لخلـط وسـائط التصوير- نستطيع إيجازها فيما يلي:

- بالته زجاجية بمقاسات اعتاد المشتغلون العمل عليها وأنـسبها ″9 × ″12، أمـا سمكها فيفضل ١/٤″ لكي تتحمل عمليتي الطحن والخلط أي (″9 × ″12 × ١/٤″).
- سكينة الخلط Palette knife وتكون حادة وصلبة من خامة الستانليستيل بطول ″6 أو ″8 مع عرض نصل لا يقل عن ¼″1 تتناقص تدريجياً عن طرفها وخاصـة السكينة الخاصة بالتصوير بالصبغة الصفراء.
- المطحنة/ المسحنة وتسمى أيضاً المدقة The glass muller بطول ″6، وعـرض ″3.
- برطمان زجاجي خاص للاحتفاظ باللون المتبقي لسرعة جفافه.
- الفرش (الفراجين) وسنتناولها باستفاضة لأنها من وأهم المعدات –هي والأفران- التي لا يمكن الاستغناء عنها على الإطلاق، فبدونها لا نستطيع إنجـاز العمليـة التصويرية بنجاح ودقة.

ويمكننا تقسيم أنواع الفرش المستخدمة في التصوير على الزجاج إلـى مجمـوعتين أساسيتين:

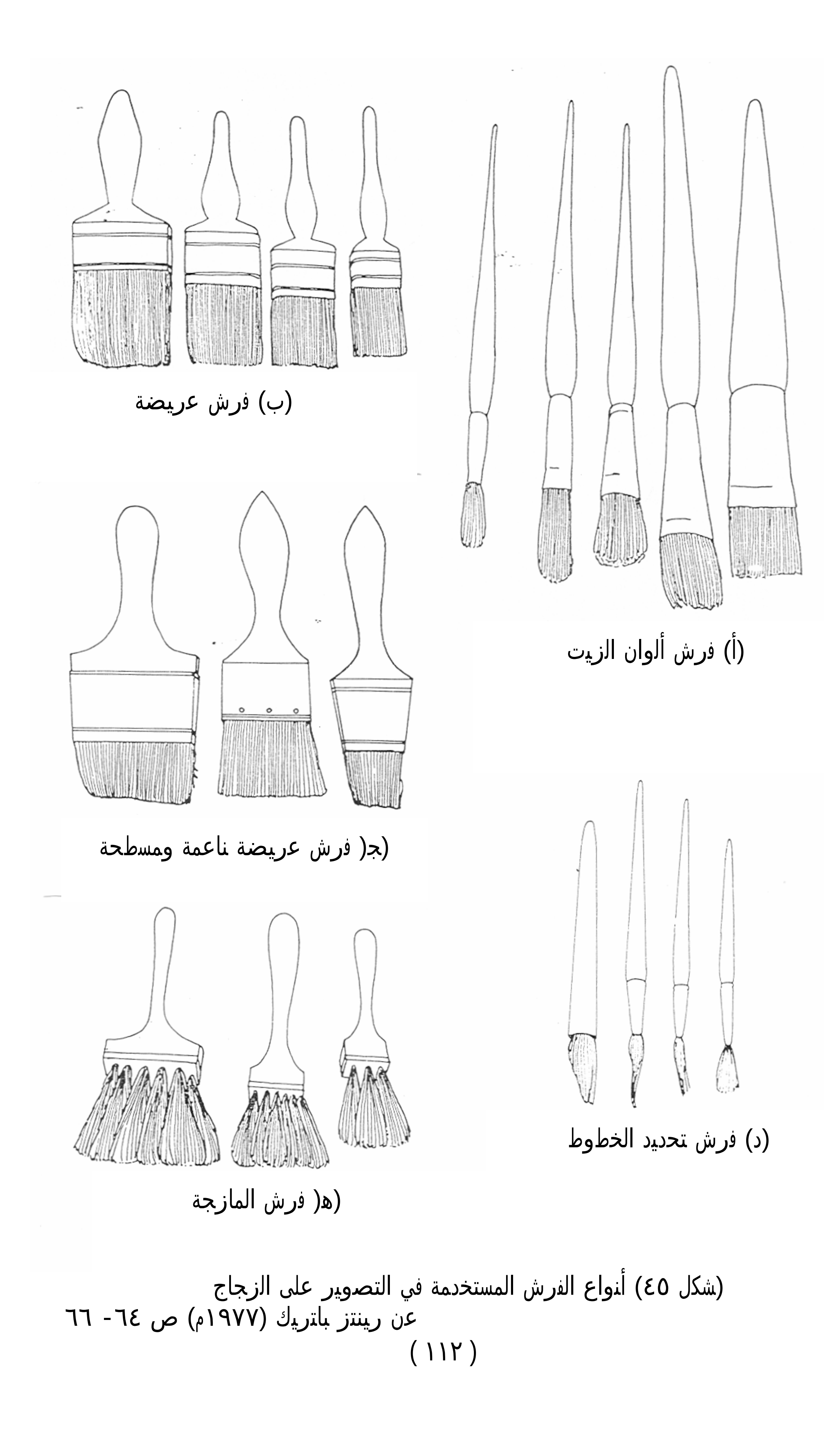
أ- الفرش التطبيقية The applicators.

ب- الفرش التنظيمية (فرش الإزالة) Scrubs.

ج- أما المؤلفة/ المازجة The blender فتصنف بمفردها فهي طائفة أو نوع مختلف.

- والفرشاة التطبيقية تستخدم لوضع اللون الرطب على الزجاج، وتتضمن العديـد من الأنواع تأتي في المقدمة تلك الخاصة بالعملية الأولى من عمليتي التـصوير والتي تعرف بالرسم الخطي (شكل ٤٥-د) وتسمى Tracing brushes أي فرشاة الخطوط الأساسية، والفرش المستديرة والعريضة والمسطحة (شـكل ٤٥ أ، ب، ج) التي تستخدم في العملية الثانية للتصوير بالألوان والتـي تعـرف بـ ـ Matting وهناك فرشاة ذات تأثير خاص تترك ملمساً مميـزاً وتـسمى English stippler ومن اسمها نعرف أننا نستطيع أن نصور بها النقط واللمسات الصغيرة المتعددة.
- أما النوع الآخر من الفرش والمعرفة بفرشاة الإزالـة Scrubs (شـكل ٤٥-هـ) والتي سميت بذلك لأنها تستخدم في إزالة اللون الغير مراد، أو لتخفيف اللون من على سطح الزجاج ومعظم هذه النوعية من الفرش التي تقطع سواء مـستديرة أو مسطحة ثم تصقل بالرمل أو الورق المرمل، وبعضها يحرق حرقاً بسيطاً- حسب رغبة الفنان- وتُصنع من شعر أو وبر الحيوانات ذات الظلف كبعض الأسـماء الشهيرة في عالم الفرش كالمصنعة من شعر الثور Ox hair أو الخنزيـر Hog bristle fitch أو الجمل Camel brushes، والفرشاة الشائعة المصنعة من شـعر عنق الفرس وذيله Horse hair.

(البيناس السكوز، ص ٣٢).




(شكل ٤٥) أنواع الفرش المستخدمة في التصوير على الزجاج
عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٦٤- ٦٦

**التصوير بألوان المينا (الطلاءات بالمينا) Enameling**

ويصفها (برنارد ومايرز) بقوله " تعتبر المينا من الصناعات القديمة، وقد بـدأ تاريخها عند المصريين القدماء، ثم استمر خلال القرون الوسطى مـاراً بالعـصور البيزنطية والرومانيةوالقـوطية، واستخدمت إبان عصر النهضة حتى أواخره (ص ٢٠٩).

كما يؤكد البيناس السكوز (١٩٨٠م) بقوله:

" لم يكن التصوير بألوان المينا على المسطحات مجدياً في الزمن الماضي وذلك لأن المينا فن يعتبر إسلامياً لأنهم استخدموه بشغف لكـن خـلال المجـسمات والأواني، إلا أن الفنانين قد قاموا بتجارب عديدة في التصوير بألوان المينا فـي المسطحات، ولكنهم لم يكشفوا النقاب عن هويته تماماً فقـد لا يـستطيع سـطح الزجاج تقبله في كل الأحيان نتيجة لدرجة انصهارها المنخفض وقوة التـصاقها غير المؤكدة، كما أن دوام ثباتها على السطح لم يكـن مرضـياً أو مـضموناً" (ص١٠١).

وتعرف ملك فخري (١٩٩٢م) كلمة المينا Enamel بأنها:

" تعني الطلاء المصهور إما على المعدن أو الخزف أو الزجـاج- وهـذا مـا يعنينا- وبالرغم من أنها تحمل معاني كثيرة لكنها لا تعني لدى المحتـرفين إلا تلك الطبقة الرقيقة من الزجاج- سواء المعتم أو الشفاف- المنصهرة بـالحرارة على سطح الزجاج وملتحمة به ومكونة سطحاً صلداً مصقولاً ثابتاً علـى مـر السنين" (ص ٧٨).

والطلاءات الزجاجية Vitreous Enamel هي مادة زجاجية قابلـة للانـصهار تحت درجة حرارة منخفضة °800م فأقل (1500°ف)، أساسها نوع مـن الزجـاج الشفاف العديم اللون يضاف إليها أكاسيد معدنية تكسبه الألوان المطلوبة، إلا أن كـل أنواع الزجاج ليست صالحة للاستعمال كأسس مينا، فالزجاج يحتوي علـى نـسبة عالية من الصوان Flint لا يصلح للانصهار على الزجاج لشدة صلابته ولا يلتحم به

التحاماً كاملاً، لا يتم الحصول على المسحوق اللازم للتزجج بمجرد خلط مكوناتـه ببعضها، وإنما لابد من امتزاجها جيداً معاً بالانصهار في درجة حرارة مرتفعة (حـوالي 1100°م- 2000°ف) تسكب مباشرة في ماء أو على لوح من الصاب لتبرد مكونـة ما يسمى بعجينة اللون التي تسمى "Frit" وهي التي تصحن بعـد ذلـك بالدرجـة المطلوبة من النعومة للحصول على المسحوق في أعمال المينا.

والتغيير في نسب مكونات العجينة أو في الأكاسيد المضافة إليها ينـتج عنـه اختلافاً في شكلها، من حيث اللون أو القتامة أو الشفافية أو في طبيعتها مـن حيـث المرونة أو البريق أو درجة الليونة أو الصلابة التي تحدد نسبة انصهارها.

ولكن في جميع الأحوال لابد من مراعاة التوافق في معدلات التمدد والانكماش عند التسخين والتبريد بين المينا والسطح حتى لا تتشقق أو تنفصل عندما تبرد، كما أن قوة احتمال الأكاسيد للحرارة متفاوتة لذلك يجب مراعاة هذه النقطة في تكـوين العجينة لتنصهر عند الدرجة المناسبة لطبيعة الألوان (ملك فخري، ١٩٩٢، ص ص ٧٨- ٧٩).

**أشكال المينا**:

يمكن تصنيف ألوان المينا حسب مظهرها إلى أربعة أشـكال أو مجموعـات متميزة:

١- المينا الشفافة Transparent: وهو التي تسمح بنفاذ الضوء من خلالها بـسهولة، وإن تفاوت ذلك تبعاً لدرجة ألوانها، وتعتبر المينا الشفافة العديمة اللـون هـي الأساس لكل ألوان المينا التي تتكون عن طريق إضافة الأكاسيد الملونة المختلفة إليها وصهرها معها.

٢- الألوان النصف شفافة Translueent: ويطلق عليها أيضاً المتلألئة Opaleseent لأنها تبدو شبيهة بالأوبال، فهي مينا شفافة يشوبها شيء مـن العتامـة تـسمح بمرور جزء من الضوء- حسب طبيعة اللون- تضفي عليهـا طابعـاً خاصـاً شاعرياً وهي أقل ألوان المينا شيوعاً.

٣- الألوان المعتمة Opaques: وهي معتمة لا ينفذ منها الضوء بل يـنعكس علـى سطحها، ويفقد الزجاج بذلك شفافيته- وهي من أسوأ ألوان المينا للتصوير على الزجاج.

٤- الطلاء الفوقي Over- painting/ Overglaze وهما نوعان:

- الألوان التي سبق تحويلها إلى مادة زجاجية مـسحوقة إلـى ذرات دقيقـة جـداً Vitrified.
- الآخر وهي الأكاسيد التي تخلط بميناء شفافة ولا تتحول لمـادة شـفافة إلا بعـد الحريق.

وعند استعمال الطـلاء الفـوقي لابد من مزجه بزيت اللافندر (ملاك فخـري، ١٩٩٢، ص ص٨٨-٨٩).

**التصوير بألوان المينا:**

ويؤكد (البيناس السكوز، ١٩٨٠م) أنه عند التصوير بألوان المينا على سـطح الزجاج فإن أسلوب التسطيح المستو The Flat manner هو الأنسب لأي مزج بـين الفاتح والغامق لكي لا نتعرض لمشاكل عند الحريق، وعادة ما تمزج ألوان المينـا وهي مسحوق بالماء أو الخل الأبيض مع الصمغ العربـي عنـد التـصوير علـى الزجاج، وقد تخلط بوسيط آخر غير المـاء كزيـت القرنفـل Clove oil أو زيـت اللافندر Lavander oil مع عصارة الكبية الراتنجية Copaiba والبلـسمية Balsam ويسمى هذا الخليط- السابق ذكره عند الحديث عن الوسائط- بمذيب التصوير اللوني Medium for painting الذي لابد وأن يكون ناعماً مبسطاً مستوياً، كمـا سـتواجه الفنان مشكلة عملية تنظيف سطح الزجاج من المينا، فهي عملية منهكة، وإن لم تـتم عملية النظافة بدقة فسوف يظهر السطح مشوهاً بعد الحريق (ص ١٠١- ١٠٢).

## الطباعة بالشاشة الحريرية على الزجاج

**Silk Screenings**

يمكن استخدام هذه التقنية المستحدثة في أعمال الزجاج المعشق حيـث تجهـز الشاشة المستخدمة للطباعة على الزجاج بنفس الطريقة ولكن باستخدام شبكة نايلون Nylon mesh بدلاً من الحرير النقي، وذلك لأن هذه الشبكة النايلون تكون أكثر متانة وأكثر تحديداً بالنسبة للزجاج المخشن سطحه عن الورق.

ويمكن إجراء هذه التقنية بخلط ألوان التصوير على الزجـاج بوسـيط زيتـي خاص وهو زيت تشحيم سكرويجي Squeegee - الذي سبق أن أشـرنا إليـه فـي الوسائط الزيتيـة- بنسبة ٣ مقاديـر من الألـوان إلى مقدار واحد من هذا الوسيط (٣ لون: ١ وسيط).

مع عدم إضافة أي وسيط أو أي مكون من المكونات إلى الخليط، وفي حالـة وجود العديد من القطع الزجاجية المراد طباعتها يمكننا تجهيز الاـون علـى بالتـة ونمزجه جيداً بحيث يوضع في برطمان زجاجي محكم الغلاق ذو فوهة واسعة، ثـم نضع اللون على الشاشة بواسطة ملعقة أو سكينة معجون، وفي الحال يجب تغطيـة الخليط لحمايته من الأتربة بصفة خاصة، ونتأكد من أن الخليط قـد مـزج تمامـاً بالوسيط مع عدم ترك أي مسحوق جاف لأن هذا المسحوق يعمل على سـد ثقـوب الشاشة مسبباً ظهور اللون بشكل متقطع بعد الحريق.

ويمكن للفنان أن يضع ألواناً متعددة مختلفة على نفس القطعة الزجاجيـة قبـل الحريق مع مراعاة أن يكون الوقت الزمني لجفاف كل لون مـا بـين أربـع إلـى ٦ساعات، أي لابد أن يجف اللون قبل وضع اللون الآخر، ويتم هذا بسرعة، بعـدها يوضع الزجاج ليجف بتعريضه للشمس أو مروحة مع تجنب أي تراب أو غبار.

ونضع في الاعتبار أن الطباعة الشاشة الحريرية لا تقارن بالتـصوير علـى الزجاج حيث تفقد لمسة يد الفنان، ولكن لا ننسى ما قدمته لإمكانيات وإبداعات الفنان ( البنياس السكوز، ١٩٨٠، ص ص ١٢٩- ١٣٠).

**عملية الحـــريق:**

ويؤكد البيناس السكوز (١٩٨٠م) أهمية عملية الحريق بقوله " وتأتي العمليـة النهائية لعملية التصوير على الزجاج، وهي المرحلة الحاسمة التي لا تـتم عمليـة التصوير على الزجاج بدونها، إن عملية حريق الزجاج المصور عليه مرحلة غايـة في الأهمية وذلك لتحقيق الالتصاق الثابت الدائم للألوان على الزجاج (ص١١٠).

ولكي تتم هذه العملية فلابد من صهر هذه الألوان على سطح الزجاج في أتون (فرن) خاص Kiln سواء كان كهربائياً أو يعمل بالغاز، كما إن الحريـق الـصحيح للألوان يجعل من المستحيل إزالتها سواء بمواد التنظيف أو الخدش أو حتى الحفر- فيما عدا الصبغة الصفراء- كما أن عوامل التعرية لا تؤثر فيها بتاتاً.

إن نتائج الحريق تقيس قدرتنا على التعامل مع الخليط، فمثلاً إذا أفرطنـا فـي استخدام الصمغ العربي فإن ذلك يعمل على فصل اللون (الخليط) عن الزجاج فيكون قشرة على سطحه، كما أن عدة طبقات من اللون يكون ما يشبه البثـرة أو النقطـة كالرقعة، كما أن كثيراً من الماء يضعف من كثافة الخليط وسرعان مـا يفقـد فـي الحريق فيصبح اللون باهتاً (البنياس السكوز، ١٩٨٠، ص١١٠).

**المعدات الأساسية لعملية الحريق:**

١- فرن الحريق: وهو فرن خاص، وله نوعان: أحدهما يعمـل بالغـاز والآخـر كهربائي (شكل ٤٦).

٢- صينية Trays أو مجموعة صواني صامدة للحرارة فوق العاديـة مـن مـادة المرانيت Marinite للفرن الذي يعمل بالغاز، ومن مادة الستانلستيل بسمك 8/١ للفرن الكهربائي (شكل ٤٧).

٣- مادة كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate الأبيض أو المصيص (الجـص الباريسي) Plastic of Paris لتغطية الصواني قبل وضع الزجاج.

٤- البيرومتر Pyrometer- وهو مقياس درجة الحرارة المرتفعة- وذلـك للفـرن الكهربائي ليشير إلى درجة حرارة تجويف الفرن.

٥- ساعة Timer لفحص الحريق وتتبع الفترات الفاصلة من الوقت.

مع ملاحظة أنه عند استعمال كلا النوعين الفرنين الكهربائي أو الغاز يراعـى عدم فتح باب الفرن إلا بعد ساعتين من إغـلاق الفـرن (رشا إبـراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٤٧- ١٤٨).

**حريق الصبغة الصفراء**:

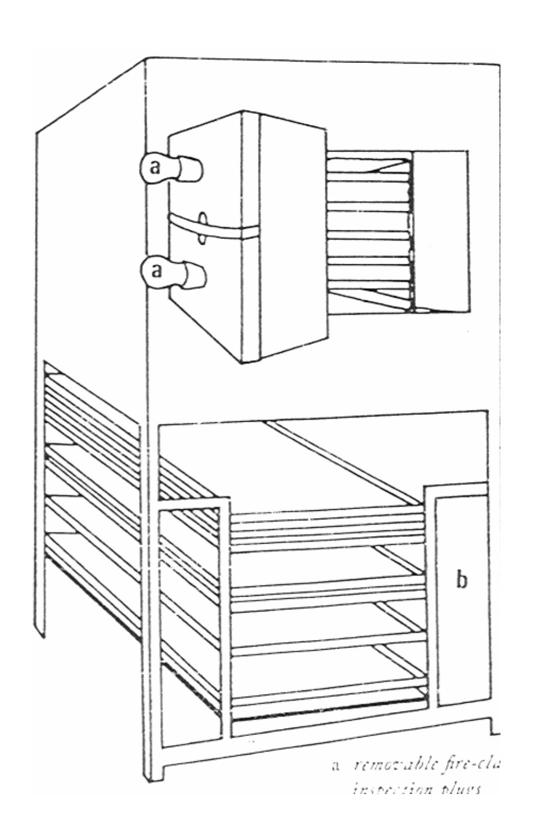
"تحرق الصبغة الصفراء تحت درجة ما بين °950- °1050 فهرنهايـت، أي أقل من التي تحتاجها الألوان أو الأكاسيد القابلة للحريق.

ولتحقيق أفضل النتائج وأدق تحكم لابد أن تحرق الصبغة الصفراء على حـدة بعيداً عن القطع الملونة الأخرى.

والأكثر شيوعاً أن تحرق الصبغة الصفراء من الخلف أي الـسطح الخـارجي لقطعة الزجاج- كما سبق أن أوضحنا-.

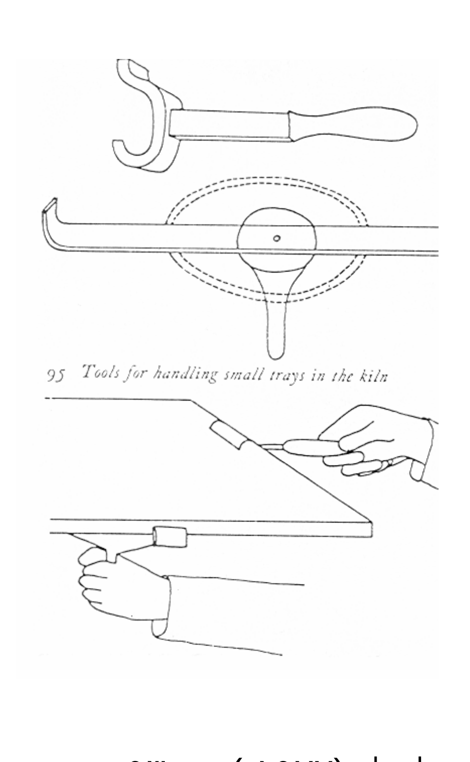
ويفضل أن تحرق في الفرن الكهربائي ذي المؤشر البيومتر لأننـا لا يمكننـا التنبؤ بدرجة الصبغة بكل دقة.

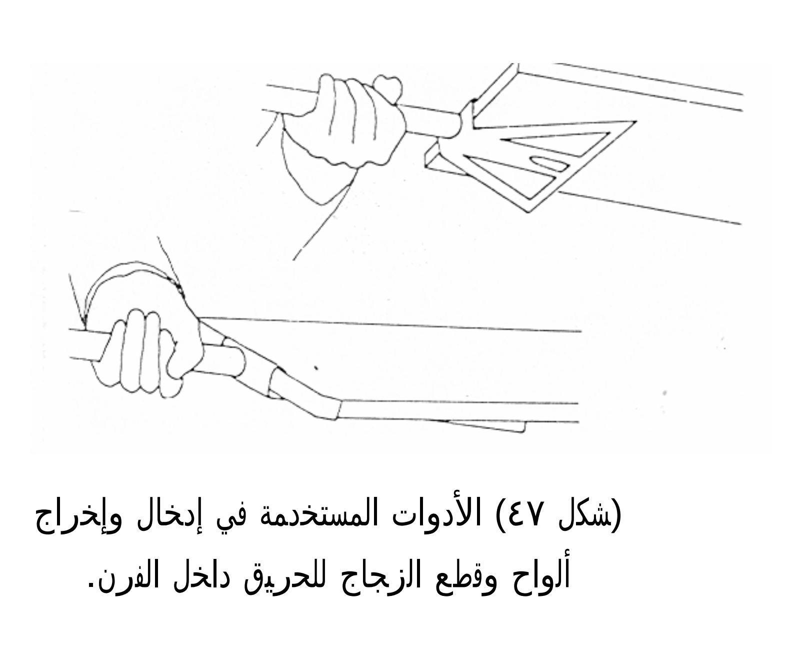
يحرق الزجاج اللين مـا بـين °950 ف- °1000ف و°1100ف- °1050ف للزجاج الصلب، وهذا يؤكد أنه لابد من معرفة نوعية الزجاج ولونه قبل الحريـق، وبالأخص قبل التصوير بالصبغة الصفراء لأن بعض أنواع الزجاج لا تقبل الصبغة، فلن يجدي إعادة الحرقة مرة أخرى.




(شكل ٤٦) الفرن الكهربائي لحريق
الزجاج

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٩١



(شكل ٤٧) الأدوات المستخدمة في إدخال وإخراج
ألواح وقطع الزجاج للحريق داخل الفرن.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٩٣

إن إضافة القليل من سلفات الصوديوم Blue Stone/Sodium Sulfate قد يقوي درجة اللون وفاعليته (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ١١٧- ١١٨).

ويمكننا الحصول على اللون الأصفر الليموني الفاتح بكمية صغيرة من الصبغة على سطح الزجاج مع الحد الأدنى من الحريق، والعكس صحيح فإن الأصفر الفاقع المائل للبرتقالي يوضع منه طبقة سميكة مع مدة أطول في الفـرن، ومـدة حريـق الصبغة الصفراء تتراوح بين دقيقتين إلى دقيقتين ونصف، في حين أن مدة حريـق أي لون من الألوان القابلة للحريق من ١٥ إلى ٢٠دقيقة.

وبعد الحريق تظهر تلك الصبغة متألقة براقة واضحة بدرجاتها المتعـددة مـن اللون الأصفر والبرتقالي فلا يضاهيها أي ألوان أخرى، ومن أهـم مميزاتهـا أننـا يمكننا الجمع بين هذه الدرجات وأي لون آخر على نفس القطعة أي على الـوجهين الأعلى والأسفل ويمكن أيضاً حرقها على الجانب الخلفي للزجاج الفـلاش- الـذي سيأتي الحديث عنه عند الحديث عن الحفر على الزجاج-.

ويمكن تخفيف حدة الصبغة الصفراء بعد الحريق إذا كانـت الدرجـة فاقعـة بحمض الهيدروفلوريك Hydrofloric acid على حسب طول المـدة وقـوة تركـز الحامض (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٥٠).

**حريق ألوان المينا**:

وبصفة عامة تحرق ألوان المينا تحت درجة حرارة منخفضة جـداً، فأقـصى حريق لها (°800م- °1500ف). وأفضل نتيجة هي ما بين (°1100- °1250).

وهي ألوان غاية في الحساسية فنجد أن تكرار الحريق على نفس القطعة سوف يبدل ظلاله وقوة اللون نفسه، هذا علاوة على البثور والبقع أو التشقق الذي يحـدث في بعض الأحيان.

وهي ألوان سريعة التأثير بأقل اختلاف في درجة الحرارة حتى لو كـان هـذا الاختلاف من (10° - 20°) فإنه يتسبب في تغير اللون. وقد يـصيب حريـق هـذه الألوان الهدف أو الخطأ، ومن هنا كان الفرن الكهربائي ذو المؤشر (البيرومیتر) هو الأنسب والأضمن، وعموماً فإن كل ألوان المينا لابد أن تُحرق منفـصلة عـن أي ألوان أخرى وذلك تتحقق أفضل النتائج (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ١١٨).

**ب- الاستخدامات الحديثة للزجاج الملون كعنصر زخرفي معماري**

خلال الخسمين عاماً الماضية استخدم الزجاج الملون استخداماً زخرفياً معمارياً في أشكال مغايرة للأساليب التقليدية التي عرفـت مـن قبـل، فأسـاليب التـأليف بالرصاص أو الجص وكان هذا التغير مرتبطاً من الوجهة التقنية بأمرين:-

أولاً: الأبحاث والتجارب التي أجريت في مجال استحداث مواد لاصقة علـى درجة عادية من الكفاءة بهدف استخدامها في صناعة الطيران أثناء الحرب العالمية الثانية، وكانت نتيجة ذلك التوصل إلى مادة الأيبوكسي Epoxy resin التـي أدخـل عليها الكثير من التطوير لتصبح له القدرة على لصق الخشب والمعادن والأحجـار والزجاج وغيرها من المواد.

ثانياً: إنتاج بلاطات من الزجاج الملون التي يتراوح سـمكها مـن ١-٥سـم وتعرف باسم Slab glasi وكانت بداية تصنيعها في أوائل الثلاثينـات مـن القـرن الماضي.

ولقد أمكن استخدام هذين المستحدثين في عالم الصناعة استخداماً فنيـاً حيـث حلت البلاطات الزجاجية الملونة بعد تكسيرها وتشكيلها وفقاً" للتصميم المطلـوب- محل الزجاج التقليدي الذي يتراوح سمكه من ٢-٦سم وحل الإيبوكس محل الجـبس والرصاص كمادة رابطة ثابتة لهذه القطع الزجاجية حيث أمكن من خلال هذه التقنية إقامة مساحات هائلة من الجدران الزجاجية المؤلفة بالأبيوكس ونظراً لارتفاع ثمـن

تلك الخامة فقد حل محلها- ولاسيما في التصميمات الضخمة- استعمال الخرسانة المسلحة، لما لها من قوة ربط معروفة ومجربة وأيضاً لما لها من قيمة معمارية من حيث ارتباطها العضوي بمواد البناء في العمارة الحديثة.

وهناك استعمال آخر في مجال الزجاج الملون للمواد اللاصقة حيث يمكن استعمال نوع شفاف من الإيبوكس في تثبيت قطع الزجاج الملونة على سطح زجاجي شفاف ولأن هذه الاستخدامات حديثة وما زالت في طور التجريب فليست لها خطورة محددة ومتعارف عليها في البيئة فالأمر متروك للتجربة الشخصية للفنان وحرية تصرفه وابتكاره.

**١ـ الزجاج والأسمنت:**

تعد هذه التقنية من التقنيات البديلة لفن الزجاج المؤلف بالجص في أوروبا حين يذكر زينهم (١٩٩٥):

" أن خامة الجبس لا تتواءم مع البيئة الأوربية نظراً لتحلل خامته فاستبدلت خامة الجبس بالإسمنت، وابتكرت تقنية جديدة هي ما عرفت فيما بعد بالزجاج والإسمنت، والخامات المستخدمة من الزجاج في هذه التقنية يختلف الزجاج فيها عن تقنية الزجاج المعشق بالرصاص والجبس، لأن الزجاج المعشق بالرصاص والجبس يستخدم لهما زجاج لا يتجاوز سمكه ٥مم مسطح أما في هذه التقنية فتستخدم لها الكتل الزجاجية التي لا تقل عن بوصة وقد تصل إلى ٦ للسمك، ففي الزجاج المعشق نرى قلة سمك الزجاج المستعمل أما في هذه التقنية فهو مرتفع السمك مما يشكل صعوبة في كيفية التعامل معه خاصة تقطيعه، هذا بالإضافة إلى أن الزجاج المستعمل في التعشيق بالرصاص والجبس أغلب الأحيان أملس ناعم، أما في الكتل الزجاجية فإن التشطيرات الناتجة على سطحه تعطي انعكاسات ضوئية مختلفة ودرجات لونية حسب سمك القطعة المعدة لذلك حيث إن سطحها غير منتظم يؤدي ذلك (شكل ٤٩-أ) ولما كان وزن الكتلة الزجاجية أثقل من نظيرتها بكثير في الزجاج الملون المؤلف بالرصاص والجبس

فإنه بالتالي يتطلب حساباً في الأحمال والإنشاء، مما يجعل هذه التقنية يتـضمن التصميم فيها حسابات لإنشائية اللوحة ووزن هذه الكتل (شكل٤٨-أ) وتلاصـقها عن طريق خامة الإسمنت مع الرمل وكذلك تسليحها بالأسياخ المعدنية الحديدية ولتنفيذ هذه التقنية" (ص ٨٨).

* فمن ناحية التصميم يراعى علاقة التصميم بالمكان سواء أكان مبنى أثرياً أو دينياً أو مؤسسة من المؤسسات الحكومية، وكذلك طراز المبنى حتى يتم التوليف بـين وجهة نظر المعماري من جانب ومصور الزجاج من جانب آخر، كما يراعى في التصميم هل هو مسطح أو مجسم وكذلك مصادر الضوء لأن وسـيط الزجـاج الحقيقي هو الضوء وهو أحد العناصر المؤثرة جداً في التصميم، فيبـدأ بوضـع التصور حسب حركة الشمس على مدار العام، فيستطيع المصمم أن يحجـب أو يرشد كم الضوء الداخل للمكان حسب أسـماك الإسـمنت المقترحـة والحلـول الإنشائية مع كتل الزجاج الملون.

ومن العوامل المؤثرة في التصميم بالإضافة إلى دراسة المكان الحسابات الإنشائية حيث يتم حساب أسماك أو خانات الإسمنت لوضع السلك المعدني المناسب، وذلك ضمن الإنشاء وعلى أن يشمل التصميم الفكرة اللونية المقترحة ضمناً مـع بقيـة الحسابات المشار إليها سابقاً.

* يكبر التصميم بنسبة ١:١ كما هو في الطبيعة ويتم وضع بعض التعديلات عليـه شأنه أي تصميم، لأن مساحة الكروكي الصغير تختلف عن المساحة الحقيقية مما يوجب تعديلاً في بعض النسب خاصة أسماك الإسمنت لوضع مـا يناسـب مـع الأسلاك المعدنية رفيعة أو سميكة وعدد هذه الأسلاك ( شكل٤٨-ب).



(أ) تفصيلية عن عمل يرى من الوجهين باستخدام كتل الزجاج والخرسانة



(ب) عمل مجسم من الزجاج المصبوغ والمعشق بالرصاص في إطار من الإيبوكسي – للفنان روبرت بنيارت

(شكل ٤٨) نماذج لأعمال الزجاج المعشق بالأسمنت واللدائن

عن فينسنت أوبراين (١٩٨٢) ص ٦٧- ٦٨

* تجنب الكتل الزجاجية التي غالباً ما تكون غير مطابقة للمساحات المقترحة مما يوجب إجراء التعديلات عليها حتى تناسب مساحات التصميم والشكل المقترح كما يلي بعد.

* تقطع الكتل الزجاجية بإحدى الطرق الخاصة بذلك بعد خدشها بقطاعـة الزجـاج (شكل ٥٠) أو بالمنشار الكهربائي الخاص بالزجاج أو ببديل عنه بمنشار تقطيـع الرخام "الصاروخ"، وذلك حسب الأسماك المعروفة مع مراعاة ارتـداء النظـارة الواقية للعين أو حماية اللوحة من ارتداء الخوزة (شكل ٤٩-ب)، وبعد التقطيـع تحتاج كل قطعة إلى تلميع وصقل سواء أكانت القطع شفافة أو ملونة، وإذا أردنا عمل ملامس مختلفة في قطع الزجاج فيتم ذلك بالطرق اليدوية كقطع الموازيـك الطبيعي (شكل٤٩- أ).

* تحضر المؤنة الخرسانية والتي تتكون من جزئين من الإسمنت ثم جزء واحد من الرمل، ثم جزء واحد من الزلط ذي الأحجام الصغيرة بعد غسله جيداً، مع خمسة أجزاء من الماء تضاف إليها، وتخلط هذه المكونات جيداً وتصب بعد ذلـك فـي الفراغات بين الزجاج وعلى حديد التسليح.

* تحضير الساتر الخشبي: يتكون من خشب الكونتر أو الحبيبي حـسب التـصميم المقترح، وتقطع كل قطعة بنسبة أقل من مساحة الزجاج بواحد سنتيمتر وتـرص هذه القطع على مسطح من الخشب الحبيبي أو الكونتر.

* تحضـير أسياخ حديد التسليح وتلحم حتى تكـون متـصلة بالإطـار الخـارجي المصنع زواياه من الحديد ٦×٦ سم، وذلك عن طريق اللحام أو الربط بالأسـلاك (شكل ٥١-أ) .

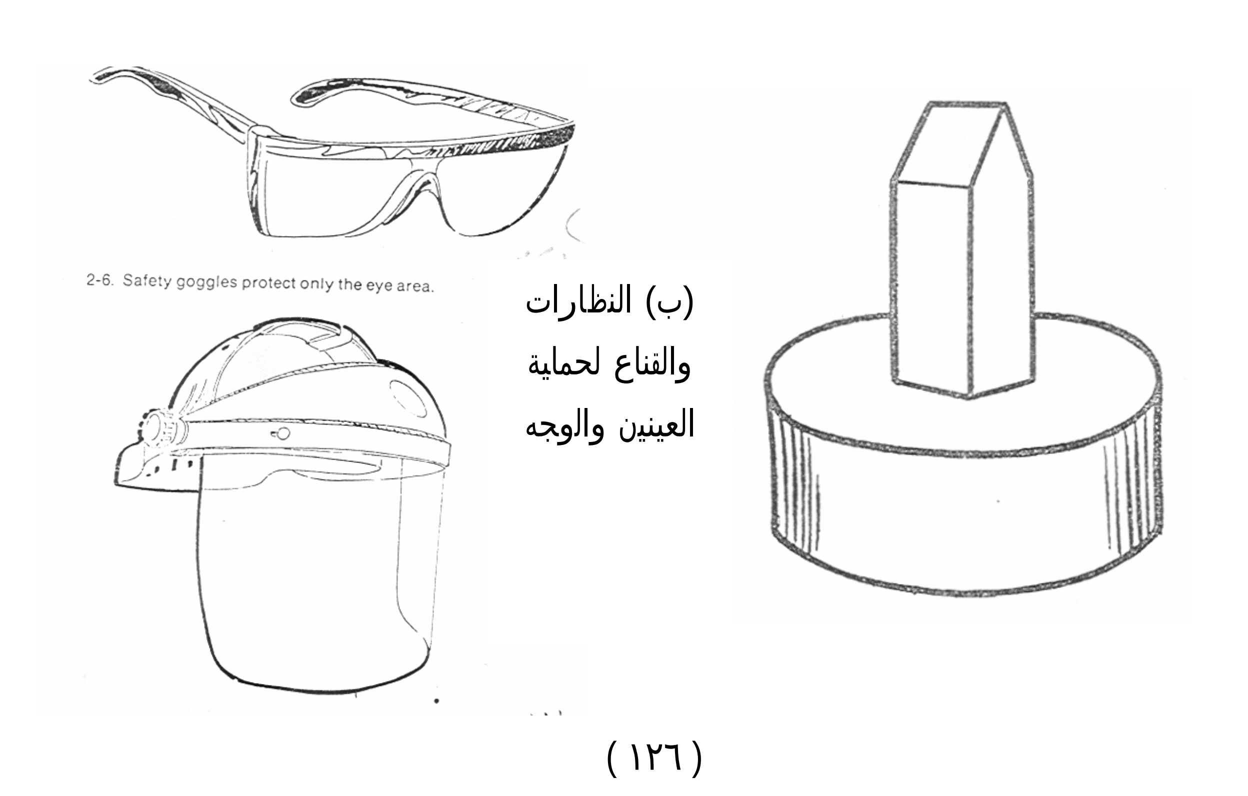
* قبل البدء في عملية صب المونة يعزل الخشب بواسطة مـادة عازلـة جيـدة أو بالصابون والزيت، وذلك بدهان الخشب بالفرشاة ثم يوضع الإطار الحديدي مـع الأسياخ قبل عملية الصب.

*Brick of lead to finish shaping glass.*

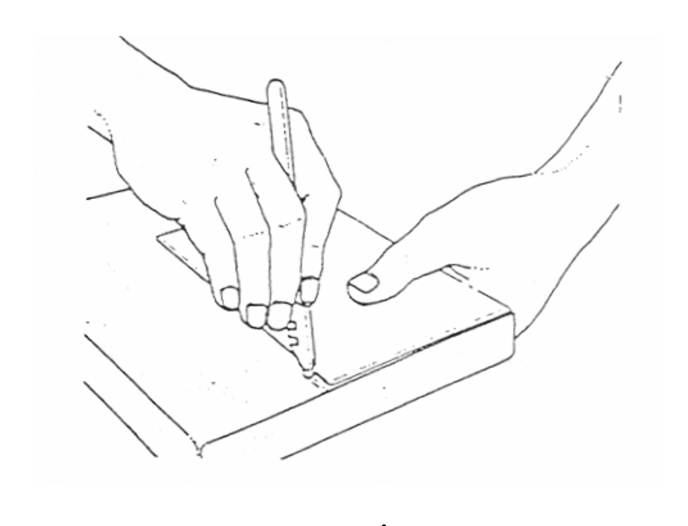
(c)

(شكل ٤٩- أ) الأدوات المستخدمة لكسر وشطف حواف كتل الزجاج

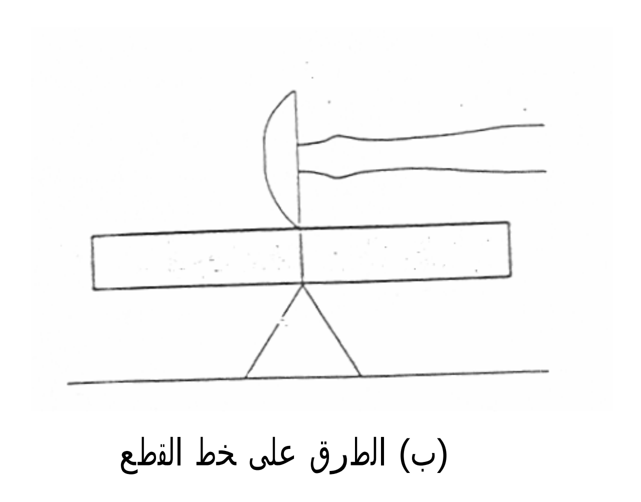
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٦٠




(ب) النظارات والقناع لحماية العينين والوجه



(أ) تحديد خط القطع

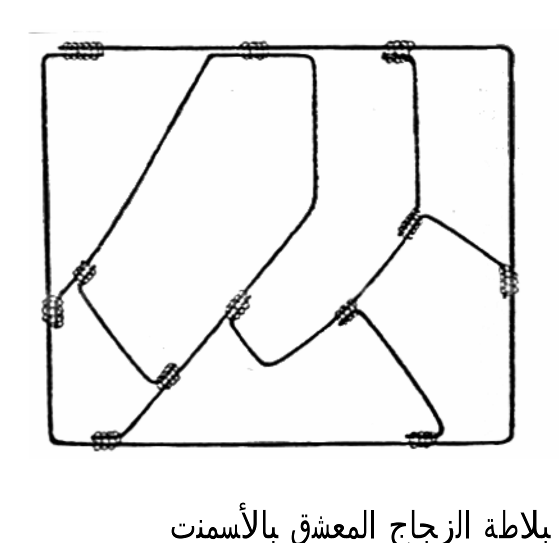


(ب) الطرق على خط القطع

( شكل ٥٠) مراحل تحديد وقطع الكتل الزجاجية

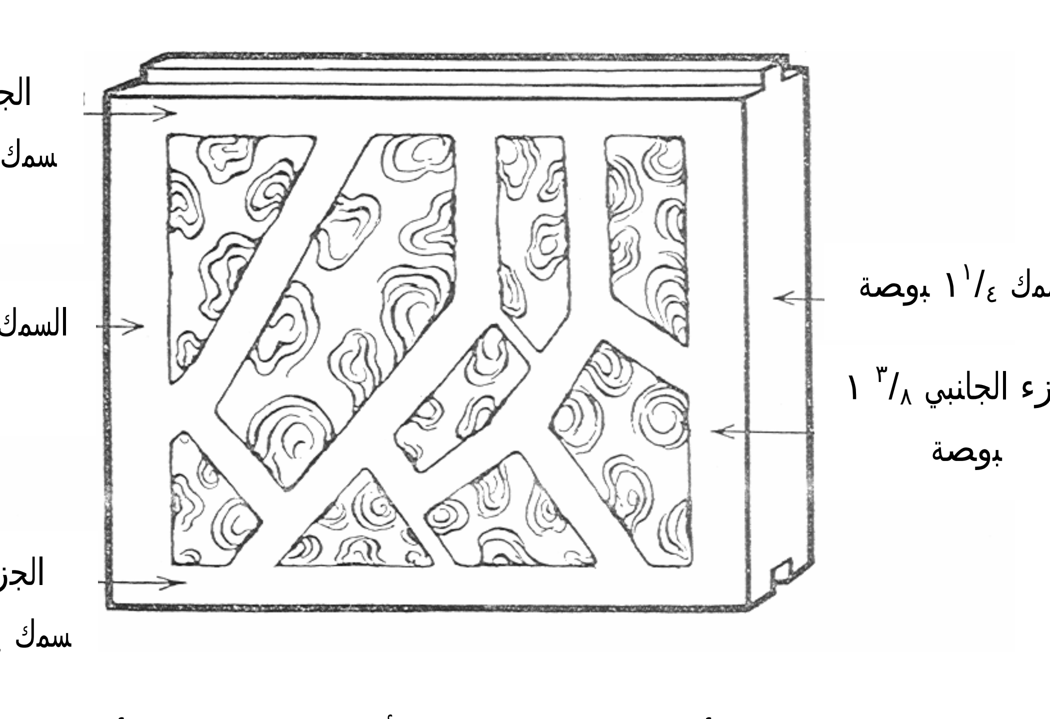


جـ( عملية فصل قطعتي الزجاج)




(شكل ٥١- أ) كيفية تسليح بلاطة الزجاج المعشق بالأسمنت

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٥٨




(شكل ٥١- ب) الأبعاد الخارجية للبلاطة في أعمال كتل الزجاج والأسمنت

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٥٧

* ترص قطع الزجاج المعدة بترتيب التصميم على السطح الخشبي المعد للصب.

* تسكب المونة المعدة والمكونة من الإسمنت والرمل والزلط الصغير والماء بالنسب السابق ذكرها في الفراغات بين الزجاج مع إخراج الفقاقيع الهوائية.

* يترك الشكل ليجف ويتماسك لمدة ٤٨ساعة ثم تجرى عملية تشطيب وترميم وتنظيف.

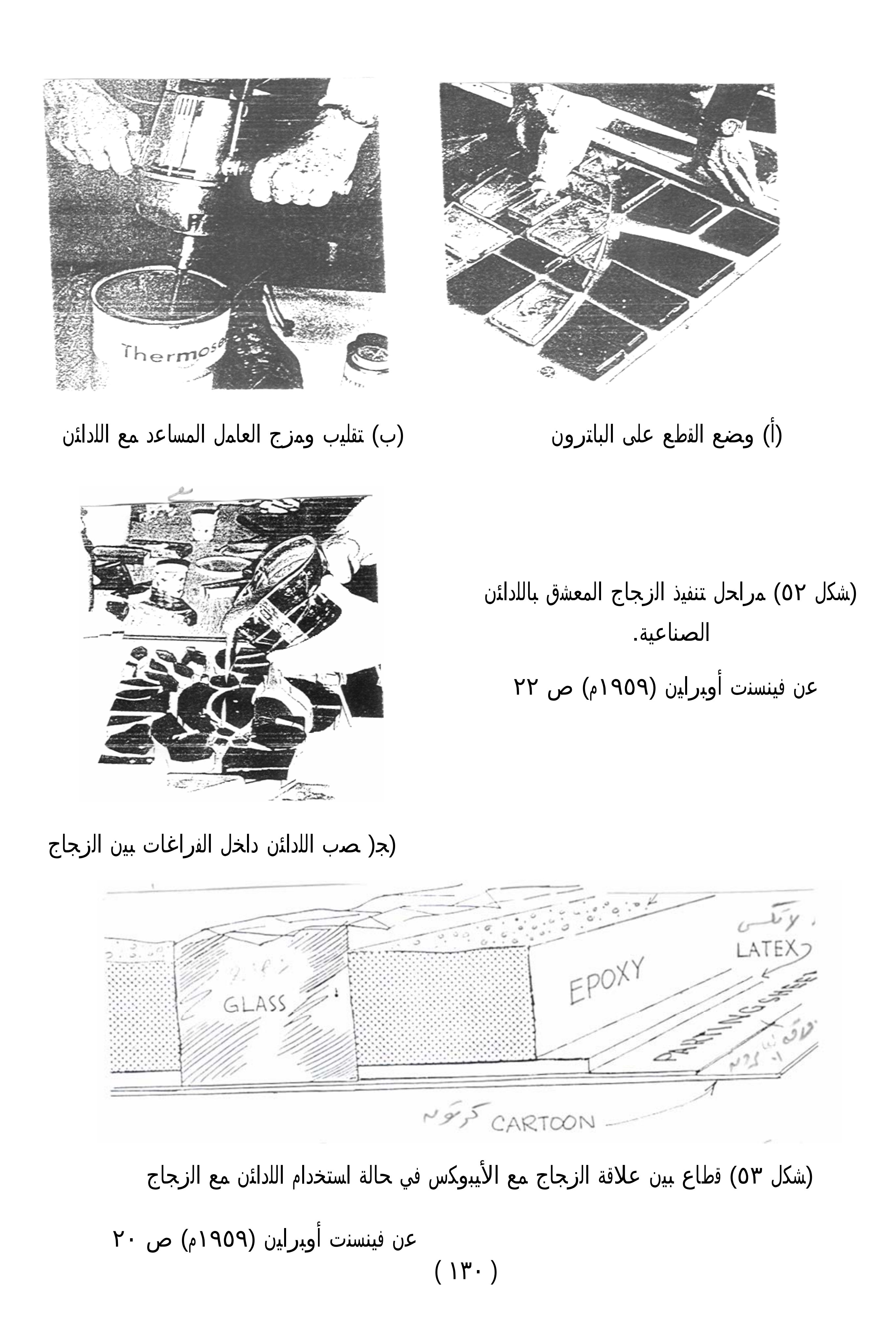
* ثم بعد ذلك يدهن الإسمنت بلون مناسب لألوان المكان المقترحة حتى يؤكد رؤية وجمال التصميم (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٩٠).

**٢ـ أعمال الزجاج واللدائن الصناعية:**

**التعشيق بمادة الأيبوكس والبولي أستر:**

وتتلخص فكرتها في أن مادة الأبيوكسي Epoxy والبولي أستر مادة شفافة سائلة قابلة التشكيل والتلوين بإضافة مواد ملونة لهذه المادة وإذا أراد الفنان استخدامها للتعشيق فعليه اتباع الخطوات التالية:-

عمل صبة لقالب سالب Negative للوحة الفنية أي صبة من الكولا أو طينية، وتترك لتجف لوحدها بحيث يقسم اللوحة لقطع الزجاج مرتفعة بعد تثبتها على لباترون باستخدام اللاتكس (Latex)، وتكون أعواد البولي أستر غائرة ثم يضع إطار اللوحة المناسبة لحجم التصميم حول الصبة، ثم يحضر البولي أستر بعد تقليبه جيداً ويصبه داخل الإطار فتجرى المادة من خلال الممرات المتروكة لها، وتترك لتجف ثم تنتزع منها اللوحة(Negative) وتترك اللوحة مفرغة، ويلصق على سطحها الخلفي الزجاج بالمساحات المراد وضعها داخل التصميم، كما يمكن استخدام كتل الزجاج بعد لصقها باستخدام لاصق اللاتكس (شكل ٥٢-أ) على لوحة التصميم- الباترون ثم يقلب البولي أستر أو الأيبوكس جيداً لمزجه مع العامل المساعد تمهيداً لصبه في الفجوات المشتركة بين قطع الزجاج بعد وضع إطار محكم من الخشب في المحيط الخارجي




(ب) تقليب ومزج العامل المساعد مع اللدائن

(أ) وضع القطع على الباترون

(شكل ٥٢) مراحل تنفيذ الزجاج المعشق باللدائن الصناعية.

عن فينسنت أوبراين (١٩٥٩م) ص ٢٢

(جـ) صب اللدائن داخل الفراغات بين الزجاج

(شكل ٥٣) قطاع بين علاقة الزجاج مع الأيبوكس في حالة استخدام اللدائن مع الزجاج

عن فينسنت أوبراين (١٩٥٩م) ص ٢٠

للوحة، (شكل ٥٢- ج( وبعد تمام التأكد من تصلب الخام ترتفع اللوحة ويـتم نـزع التصميم من الوجه بسهولة، وتضيف هويدا، عبد الغفار (١٩٩٩): أن هـذه المـادة تصلح فقط لعمل اللوحات ذات التماثل في تصميمها مثل لوحات الزخارف الهندسية الإسلامية، كما أنها كمادة مصنعة للعمل الفني يعتبر مـادة عاليـة الـثمن بالنـسبة لمقارنتها بالجص إلا أنها تتميز بالقوة والمتانة مقارنة بالجص (شكل٥٣) (ص ٢٢٠).

**٣ـ الزجاج والحديد**:

ويرى (زينهم، ١٩٩٥م):

" أن هذا الأسلوب الفني من تقنيات الفن المعاصرة والتي لم تنتشر إلا في وقتنا الحاضر وذلك لتعدد الآراء الفنية والتكنولوجيا الحديثة، فقد برع الفنـانون فـي استخدام ألواح الصاج الحديدي، وتجميعها في وحدة واحد مع الزجـاج الملـون خاصة مع التعشيق بالرصاص ليعطي كتلاً نحتية مجسمة مع التـصميم المـراد تنفيذه، لإنتاج وحدة جمالية وظيفية يمكن استخدامها في الفتحات المعماريـة أو الحوائط المصمتة بعد إضافة الضوء المناسب عن طريق الإضاءة الكهربية فـي خلفية هذا العمل (شكل ٥٤) إذا ما كان على الجدار" (ص ٨٣).

وتعتمد هذه الفكرة أساساً على عملية التصميم والخطوط المراد تنفيذها ودمجها بين عناصر التصميم، وعلاقة ذلك بالكتلة الحديدية والزجاج الملون الذي غالباً مـا يكون هو الخلفية المرئية لهذه الكتل النحتية من الحديد" (زينهم، ١٩٩٩، ص ٨٣).

ولبدأ العمل في الخطوات التنفيذية التي يجب اتباعها لإخراج عمل فنـي مـن الزجاج والحديد وأوجزها زينهم (١٩٩٥م) فيما يلي:

**أولاً**: الحصول على الفكرة المراد تنفيذها وينقل التصميم بعـد التكبيـر بمـا يتناسب مع الفتحة المعمارية أو العمل المراد تنفيذه على جزئين، الأول هو الخـاص بالكتلة المراد تنفيذها بالزجاج الملون ويراعى دقة النقل حتى يتسنى لنا تنفيذ عمليـة تشكيل تصميم الحديد بدقة كاملة، حتى لا يحدث أي فروق أو تجاوزات يترتب عليها

مشاكل في نهاية العمل الفني أثناء التجميع واللحام ويجب نسخ التـصميم مـرتبين إحداهما عند التقطيع والأخرى عند التجميع.

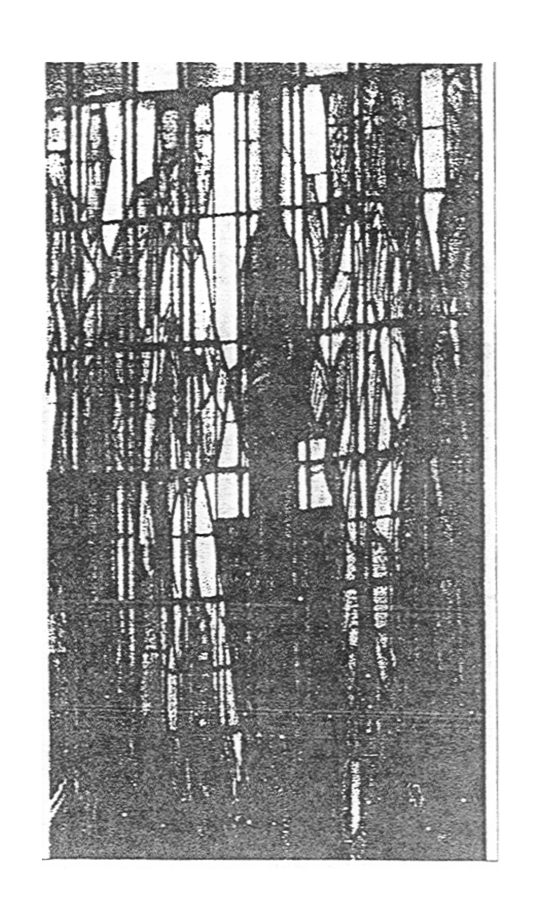
**ثانياً**: يتم طبع التصميم الخاص بالحديد على لوح الصاج أو قطع الحديد المراد تنفيذها، ونقل بعض أجزاء التصميم على لوح الصاج حول التصميم تتناسب ونـسبة الشكل، سواء كان تشكيلاً نحتياً بارزاً أو غائراً ويتم تخليص المساحات من الـصاج باستخدام المقص اليدوي أو الكهربائي الذي يتناسب وعملية التقطع، وإذا كان سـمك الصاج يزيد عن ٢سم فيتم الاستعانة بالتقطيع عن طرق مصباح الأكسجين أو القطع بالكهرباء.

**ثالثاً**: بعد الانتهاء من عملية تقطيع وتخليص الصاج تجرى عمليـة الطـرق، وذلك لإعطاء الملمس المراد إعطاء التجسيم "البومبي" سواء أكان بارزاً أم غـائر، وتعتمد هذه الملامس المختلفة على بصمة الفنان الذاتية وبعد الحصول على الملامس المختلفة على أجزاء التصميم بوضع على الشفاف السابق نقل التصميم عليـه ليـتم المطابقة استعداداً لعملية اللحام والتقطيع (شكل ٥٥).

**رابعاً**: يتم تجميع أجزاء التصميم عن طريق اللحام بالنحاس والأكـسجين مـع عدم الإخلال بنسب التصميم وكالسابق يثبت التصميم، في الإطار الخـارجي المعـد سابقاً من خوص وزاوية الحديد عن طريق بعض عمليات فنية صناعية.

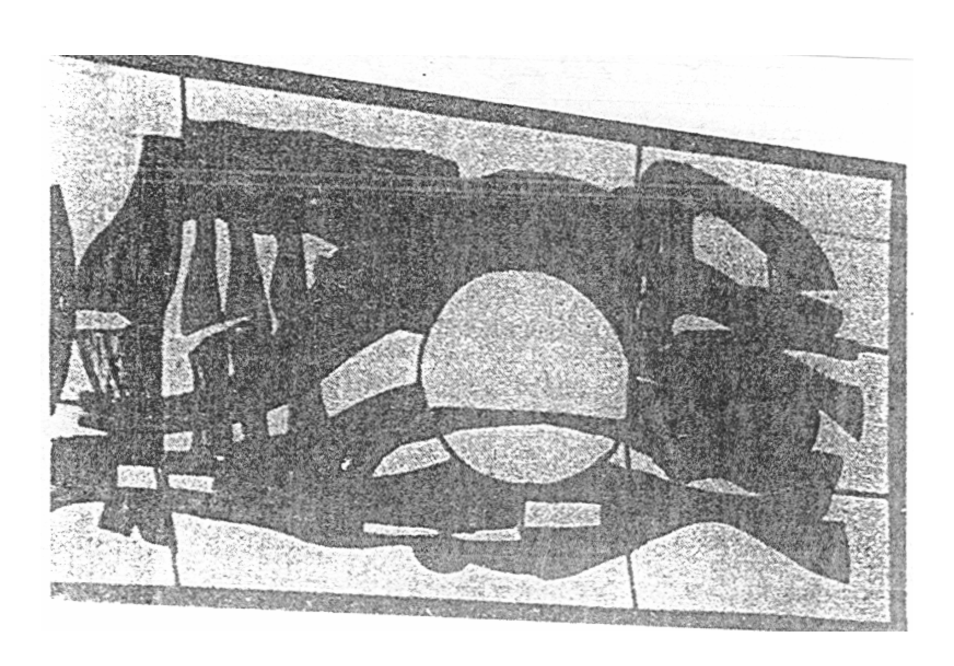
تربط أعواد حديد من الخلفية استعداداً لأكسدتها أو دهانها عن طريـق الـرش بالدوكو.

أما بالنسبة للزجاج فبالطريقة التكنولوجية الموضحة بالسابق ويتم بعدها تركيب التصميمين بواسطة اللصق عن طريق اللحام أو أجزاء سدايب بالخشب والمسامير. (ص٨٣- ٨٤).



(شكل ٥٤) إدماج الرصاص مع الحديد- مبنى الإذاعة الألمانية.

عن هويدا عبد الغفار (١٩٩٩م) ص ٢٠٨



(شكل ٥٥) إحدى أعمال الحديد قبل أكسدته تمهيداً لعمل تشكيل بارز مع الرصاص والزجاج

عن زينهم (١٩٩٥) ص ٨٥

**٤ـ خامساً: مسطحات الموزاييك الشفاف**:

وهذه الفكرة من القنيات الحديثة والتي تستخدم لمعالجة في الفتحات المعماريـة ويمكن تبسيط الفكرة التنفيذية لهذه التقنية في الخطوات التالية:

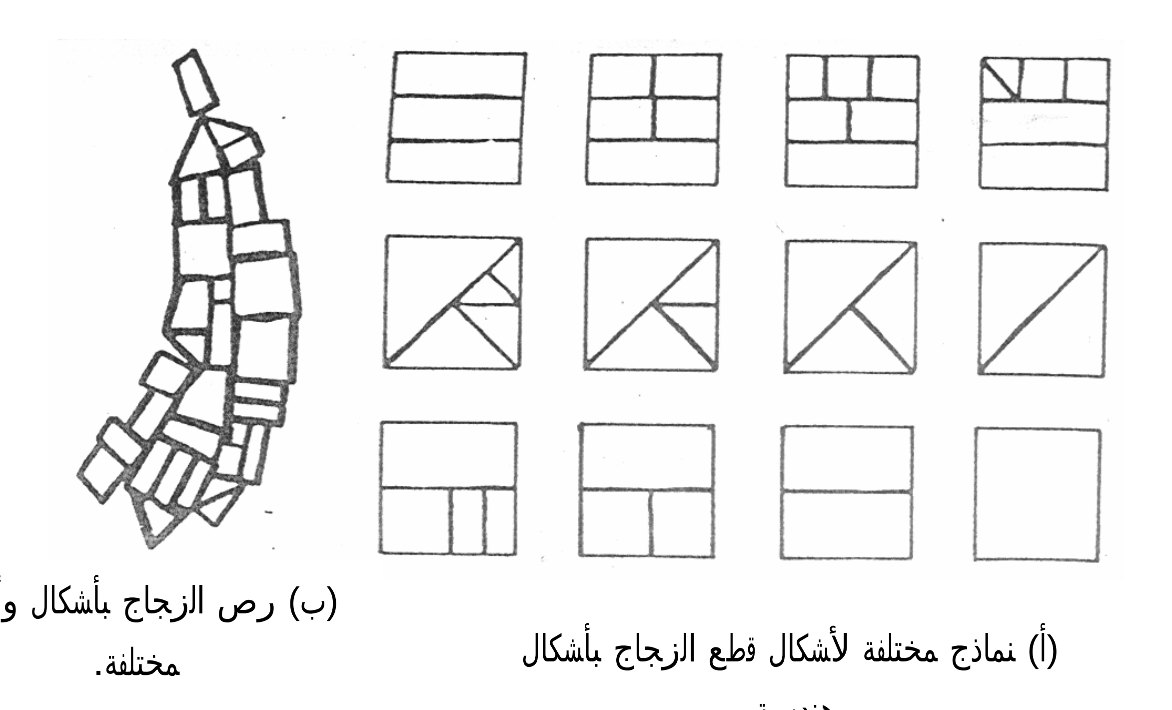
- لوح زجاج أبيض شفاف يوضع عليه التصميم.
- تقطع أجزاء من الزجاج إلى قطع صغيرة حوالي ١×١ سم. ( شكل ٥٦- أ).
- ترص قطع الزجاج الملون على التصميم حسب توزيع التصميم (شكل ٥٦-ب، جـ(.
- يراعى أثناء رص الزجاج ترك فراغات بين قطع الزجاج لوضع المادة اللاصقة.

توضع المادة اللاصقة وهي عبارة عن مادة إيبوكسية "كيمابوكس ١٠٣" وهي عبارة عن مادة شفافة مائلة للاصفرار ويمكن أن يوضع فوقه مسطح من الزجاج الـشفاف الآخر، ثم يعاد لصقه وبذلك تكون قطع الزجاج الصغيرة ما بين مسطحي الزجـاج شفاف، كما أنه يمكن وضع الزجاج الصغير على مسطح الزجاج الشفاف الواحد ثم توضع في فرن معين لحرق الزجاج فينصهر وجه مسطح الزجـاج ويتـداخل بـه الألوان المختلفة في قطع الزجاج ثم تترك لتبرد.

- هذه الفكرة تخرج على هيئة بلاطات يعاد تنسيقها حسب التصميم وتعشق سـوياً بالحديد وتلحم بالنحاس (هوايد عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ٢١٨).

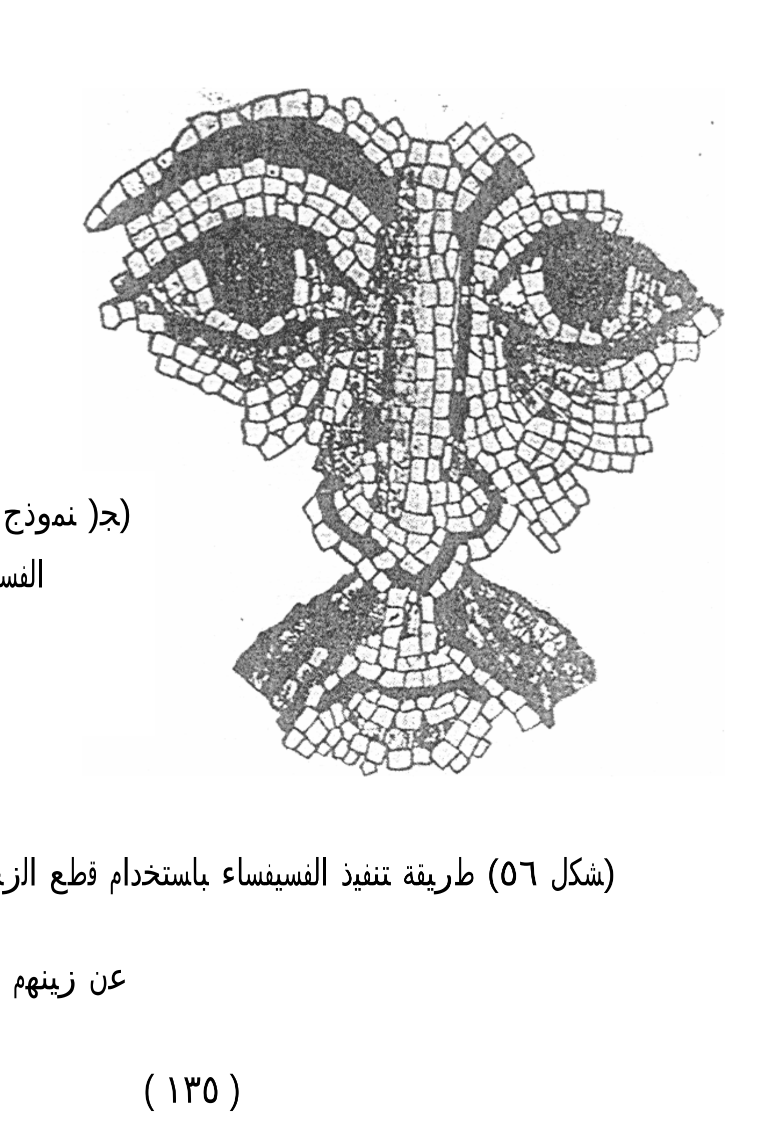
**٥ـ الأساليب الزخرفية على مسطحات الزجاج**:

تتنوع طرق وأساليب زخرفة الزجاج بعد تشكيله والانتهاء من عملية إنتاجـه وتبريده، سواء كان هذا المنتج مكوناً من خليطه واحدة شفافة أو مكوناً مـن خلطـه زجاجية (شكل ٥٧) وقد تنوعت طرق الحفر والخدش على الزجاج سواء كان ذلـك عن طريق:



(ب) رص الزجاج بأشكال وأحجام مختلفة.

(أ) نماذج مختلفة لأشكال قطع الزجاج بأشكال هندسية.



(جـ( نموذج لتنفيذ وجه إنساني باستخدام قطع الفسيفساء من الزجاج الملون.

(شكل ٥٦) طريقة تنفيذ الفسيفساء باستخدام قطع الزجاج الملون

عن زينهم (١٩٩٥) ص ٩٧

أ- المواد الكيميائية الخاصة بهذه العملية مثل حامض الهيدروفلوريك وأملاك كلوريد الأمونيوم.

ب- الحفر بالرقائق المعدنية أو أحجار الكاربورندم.

جـ- الطرق المستحدثة للحفر على الزجاج باستخدام أشعة الليزر.

وسيتناول البحث التالي تلك التقنيات لأنواع وطرق الحفر القديمة والمستحدثة كما يلي:

**طرق الحفر على الزجاج** Etching:

**أ- الحفر عن طريق المواد الكيميائية:**

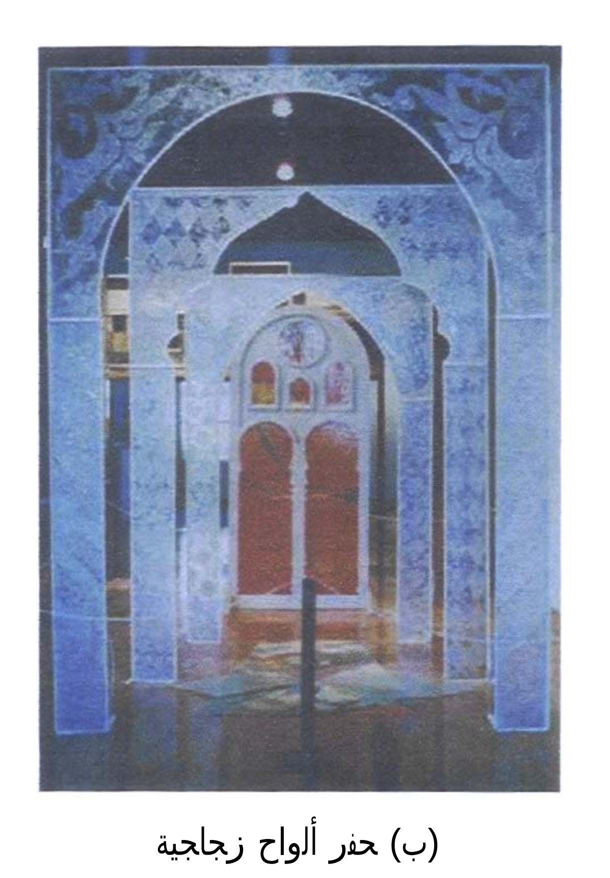
١- الحفر باستخدام حمض الهيدروفلوريك Hydrofeloric acid

أن كلمة الحفر تعني عند لكثيرين الحفر بالحامض أو التحميض Aciding أي الحفر بتحميض الهيدروفلوريك وقد بدأ العمل بهذه الطريقة عام ١٧٧١م، ويستخدم هذا الحامض بمعنى أي نوع من أنواع الزجاج ولكن الاكثر شيوعاً هو زجاج الفلاش أنتيك Antique لأن الحفر بهذه الطريقة تعني السماح والسيطرة على كمية من الحمض لتعمل على تآكل وإزالة أجزاء مختارة من سطح الزجاج حسب الرسم المصور، أي أن الهدف هو إزالة اللون الأول للزجاج ليكشف عن اللون الأصلي (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٥٦).

وحامض الهيدروفلوريك عبارة عن سائل عديم اللون شفاف كالماء، له رائحة نفاذة، ووزنه الجزيئي (٢٠,١)، ويحتوي على ٤٠% من غاز الهيدروفلوريك. يتفاعل حامض الهيدروفلوريك مع فلوريد الكالسيوم أو بتسخين فلوريد البوتاسيوم الحمضي، ويتفاعل الحامض مع ثاني أكسيد السيلكون والسليكا وكذلك مع السيلكات بحيث يكون رابع فلوريد السيلكون، وهذا الحامض يتفاعل مع معظم الفلزات ولكنه لا يؤثر في الرصاص والبلاتين والذهب ولذلك فقد تم الاستفادة بهذه الخاصية.



(أ) عملية الإزالة اللونية بالحفر



(ب) حفر ألواح زجاجية



(ج) حفر مساحة داخل الزجاج المعشق

(شكل ٥٧) أشكال متنوعة للحفر على الزجاج

عن (www.Glass 4u. com)

ويعتبر هذا الحامض من أهم المواد الكيميائية التي تتفاعل مع الزجاج وتعمـل على تآكل السطح الخارجي المراد إزالته وذلك باتخاذ الحامض مع المواد السليكاتية الموجودة في تكوين الزجاج، وينتج عن هذا الاتحاد والتفاعل مادة بيـضاء يمكـن إزالتها بالماء وتحمل صفة الزجاج المائي.

وبذلك أمكن استخدام الحامض وبالقدر المراد إزالة بعـض الطبقـات المـراد إزالتها من سطح الزجاج طبقاً للتصميم والرؤية الخاصة للعمل الفني المراد إجـراء العملية عليه بطريقة حامض الهيدروفلوريك، مع إجراء تجربة أولية قبل بدء عملية الحفر للتأكد من قوة وتركيز الحامض مع الزجاج المراد حفـره" (محمـد زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ١٣٩).

- **الوسائط المستخدمة لعمل الإزالة**: يذكر سعيد (١٩٨٤) أنها تنقسم إلى:

- المواد القيرية.
- الشموع: بعض المواد العازلة الحديثة.

**أولاً: المواد القيرية**:

هذه المواد عبارة عن مركبات إيدروكربونيـة ذات وزن جزيئـي مرتفـع ممزوجة بمركبات معقدة من النيتروجين، ويصحب هذه المركبات مـواد كربونيـة ورواسب إسفلتية هي السبب في اللون الأسود الذي تمتاز به المواد القيرية، ويمكـن التمييز بين أنواعها المختلفة بمقارنة مقطعها عند كسر قطعة منها فاللمعان والرائحة عاملان مرشدان للنوع، واختفاء اللمعان ناتج من وجود الشوائب التي تصحب بعض الأنواع مما يجعلها غير صالحة للاستخدام في الأغراض المختلفة، ونظراً لأن درجة الحرارة التي تلين عندها هذه المواد عامل مهم لذلك تدخل في تقدير قيمتها وجودتها والغرض الذي يؤهلها للاستعمال، لذلك يجب اختيار درجة انصهار النـوع المـراد

استخدامه بطرق خاصة وكذلك قياس درجة الاحتراق وهذه المواد حساسة للتغيرات الحرارية الخاصة بالجو في المناطق الحارة في فصل الصيف، وتوجد المركبات هذه في الطبيعة متحدة مع البترول الخام الذي يعتبر أهم مصدر للمركبات القيرية وهناك نوع آخر ينتج صناعياً حيث يتبقى من المواد المختلفة من تقطير الزيـت والمـواد العضوية (ص ١٣٠).

١- القار الطبيعي ومن أنواعه الأسفلت ويوجد بكميات محدودة وبحالة غيـر نقيـة حول البحر الميت، ويكون ممزوجاً بأحجار الجير الكلسية ونسبة المواد القيرية فيه تصل إلى ١٠%.

٢- القار البترولي ومن أنواعه:

أ- الأسفلت المختلف وينتج عن تقطير البترول وتختلف أنواعه باختلاف الزيت الخام المستخرج ودرجات التقطير.

ب- القار المؤكسد وينتج أيضاً من المركبات اللزجـة المتخلفـة عـن تقطيـر البترول.

جـ- الزفت: وينتج هذا النوع من تقطير بعض المركبات العضوية مثـل الفحـم الحجري والعظم وأخشاب الصنوبر والقلفونية وهو أما صـلب أو نـصف صلب.

ومن أهم مميزات المواد القيرية عزلها للماء فلا تسمح للرطوبة بـأن تتخللهـا مما يجعلها صالحة في الأماكن ذات الطوبة العالية على أن أحد عيوبها نـاتج مـن خواصها الطبيعية حيث تلين بالحرارة خصوصاً في المناطق الحارة وفصل الصيف (سعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٣- ١٣٤).

## ثانياً: الشمـوع:

يفضل رجال الصناعة استخدام الشموع كعازل في معالجاتهم الإنتاجية للحفر على الزجاج، وهناك عدد كبير من الشموع لكل نوع مميزات يمكـن توظيفهـا أو تمزج بينها لتؤدي نتائج محددة ويمكن تقسيم الشموع كما يعرضها (سعيد، ١٩٨٤):

### (١) الشموع الطبيعية:

" شموع نباتية: ينتجها النباتات داخل الأنسجة أو داخـل البـذور أو تفرزهـا كعصارة فوق الأوراق أو السيقان أو الثمرة، ففي المناطق الـصحراوية تعمـل طبقة الشمع على حماية النباتات من البخر الشديد ومن أمثلة ذلك شمع الكارنوبا الذي ينتج فوق أوراق نوع من الأشجار تنبت شرقي البرازيل ويلاحظ أيضاً أن قصب السكر يغطى بطبقة رقيقة من الشمع ونبات الكانديلا الـذي ينبـت فـي الصحراء المكسيك حيث ينتج نوعاً من الشموع تسمى بهذا الاسم يستخرج بغلي السيقان والأوراق" (ص ١٣٥).

### (٢) شموع حيوانية:

ويتناول سعيد (١٩٨٤م) أنواعها كما يلي:

"وهي عبارة عن مركبات كيمائية ناتجة من اتحاد أحماض دهنية مع كحـولات ذات أوزان جزئية مرتفعة، وتختلف عن الزيوت في كونها خالية من الجلسرين الذي يكون استرات مع الأحماض الدهنية غير المـشبعة فـي حالـة الزيـوت والشحوم، وأهم مصدر لهذه الشموع هي الحشرات مثل حشرة اللاك التي تتغذى على عصارة شجرة اللاك، وطول الحشرة حوالي ½ من البوصة التي بـدورها تفرز الشبلاك والشمع، أما النحل فهو مصدر شمع العسل وله عدة أنواع منهـا نحل القوقاز الأسود والنحل الكاريتولي الأسود ثم النحل البني الذي يعـيش فـي البريطانيا، وكذلك النحل الأصفر الذي يقطن جزيرة قبـرص وشـمال إيطاليـا والولايات المتحدة " ص ١٣٥- ١٣٦.

**(٣) الشموع المعدنية:**

وتتكون من المواد البترولية القيرية الناتجة عن تفحم الأخشاب، وهي مركبات كيميائية عبارة عن إيدروكربونات ذات أوزان جزيئية مرتفعة.

**(٤) الشموع المخلقة:**

وهذه الشموع ليست موجودة في الطبيعة ولكنها من تخليـق العلمـاء حيـث عرفـوا مكونات الشمع فأوجدوها في معاملهم، وهي تشبه الشموع الطبيعيـة بـل تفوقها من حيث خواصها من لون ودرجة وانصهار وقابلية للذوبان في المـذيبات. (المرجع السابع، ص ١٣٦- ١٣٧).

ومن أهم المواد المستخدمة في العزل شمع العسل Peeswax، ومـن الـصعب استخدامه بمفرده حيث يحتاج إلى درجات حرارة عالية للتطبيق وهو شديد الالتصاق بجسم الزجاج تحت الماء لمدد طويلة غير أن المزيج المكون من:

( ١ $\frac{١}{٣}$ شمع عسل + ١ $\frac{١}{٣}$ شحم خراف كمساعدة صهر + ١ شمع برافين).

هو أمثل خليط يستخدم كعازل على جسم الزجاج كما أن هذا الخلـيط يمكـن التشكيل به في خطوط رقيقة، ويمكن استخدامه لإعطاء ملامـس متعـددة ويـصلح للتغطية الكاملة للأسطح، وهو خامة سهلة طيعة عند التطبيق والاسـتخدام (سـعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٧).

**المواد العازلة الحديثة**:

**١- مواد لاصقة مطاطية Latex**

هي مادة عازلة لاصقة تستخدم في العزل على الزجاج وهي شديدة الالتـصاق به خاصة في حواف الزجاج.

**٢- الشرائط العازلة اللاحمة:**

وهي من المطاط تستخدم لعمل العزل في الإزالة عرضها يبدأ مـن ً6: ً13، وهذا النوع مناسب لعمل عدة أعماق لزمن طويل ويمكن استخدام هذا النوع خاصـة في الدرجات المذكورة من الحامض، ويمكن بواسطة هذه الشرائط الذاتيـة اللاصق نزوله للحامض ٥ مرات (سعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٨).

وعلينا أن نضع في الاعتبار خطورة حمض الهيدروفلوريك على العين والبشرة والجهاز التنفسي، ولهذا لابد من العمل بحذر ودقة شديدة فلابد مـن أخـذ بعـض الاحتياطات الأمنية وعدم الاستهانة بها أولهما استخدام القفاز والمنـزرة المطاطيـة والنظارة الواقعية والكمامة. وثانيهما أن يكون المكان جيد التهوية بعيداً عن متنـاول الأطفال (البيناس السكوز، ١٩٩٠م، ص ١٠٢- ١٠٣).

**طرق الحفر بالحامض:**

ويمكن إيجاز طرق الحفر بالحامض كما يلي:

١- الطريقة الأولى: مختزل له في خطوة واحـدة The straight through one step باستخدام الورقة العازلة وعاء بلاستيكي للحمض والزجاج.

٢- الطريقة الثانية: الطريقة المباشرة The direct methods بالرسم على الزجـاج مباشرة بدون عازل.

٣- الطريقة الثالثة: باستخدام عامل الزمن/ عامل تحديد الوقت The elapsed- time باستخدام الشريط المطاطي، أو الورقة العازلة والوعاء البلاسـتيكي للحمـض ومؤشر لضبط الوقت ليمكننا التحكم في العمل بتقدير الفترة الفاصلة من الوقت.

**الطريقة الأولى "مختزل له في خطوة واحدة":**

بعد تحديد الجزء المراد حفره من الزجاج، وبعد تنظيف وجهي الزجاج بغسله من أية مواد عالقة به خاصة الشحم والمواد الزيتية حتى من بصمات الأصابع، نقوم بعدها بلصق الورقة العازلة على الجزء المراد حفره بالضغط جيداً بأصابعنا للتأكد من أن اللصق قد طرد فقاقيع الهواء، ونقطع أي زيادة بالورقة، بعدها نرسم الخطوط الرئيسية بقلم الشمع Wax pencil ثم نقطع باستخدام آلة حادة نزيل بعدها الجزء المقطوع من المساحة التي سنعرضها للحمض، ونتأكد من أن باقي الأجزاء المتبقية ملتصقة بإحكام.

نقوم بعدها بتجهيز الحمض بقوة ٥٢% أو ٦٠% بمقدار [١ حمض: ٣ ماء فاتر]، وفي بعض الأحيان قد نزيد على المقدار عن الماء.

ويفضل الكثيرون أن يبلل سطح الزجاج بالقليل منه حتى نحمي السطح من المفاجأة، وبعد غمر الزجاج نترك القطعة لا نلمسها بضع دقائق ونراقب فعل الحامض، وعندما يتغير لونها - غالباً إلى اللون الشاحب - يكون الحامض قد أدى عمله بعدها نغسل الزجاج بالماء ونزيل الورقة العازلة.

**الطريقة الثانية: الطريقة المباشرة:**

تعتمد هذه الطريقة على حرية الرسم، بأن نحفر الجزء المراد بطريقة مباشرة لا تستخدم معها الورقة العازلة، ولكن هذه الطريقة مليئة بالمفاجآت فالرسم بفرشاة الهاب على الزجاج، بعدها نضعه برفق في الحمض لمدة دقيقة أو دقيقتين وبعدها نغيره بحمض طازج آخر، وبعد دقيقتين أو ثلاثة نغمر الزجاج في ماء نظيف لتنظيفه.

نبدأ العمل بهذه الطريقة مرة أخرى إلى أن نصل إلى النتيجة المرجوة بالنـسبة لنا، وطالما ارتضى الفنان هذه الطريقة فعليه أن يخاطر بعدة تجارب تركيز متعددة من قوة الحمض متعرضين خلال التجربة لمفاجآت العمل ومما قد يحدث من دمـار السطح الزجاجي نفسه.

**الطريقة الثالثة: العمل بتحديد الوقت:**

وهذه الطريقة تسمح لنا بأن نحفر بعض المساحات مدة أطول مـن مـساحات الأخرى. ومن الطبيعي أن تصبح القطع المكشوفة للحمض فترة أطول من الوقـت أفتح من المكشوفة للحصن لفترة فاصلة أقل.

ولنبدأ العمل بوضع الورقة اللاصقة العازلة أو الشريط المطاطي على الجـزء المراد حفره، ثم يرسم بقلم الشمع، وتحقق هذه الطريقة غالباً أربع درجات في العمل الفني (فاقد اللون Clear، الخافت Light، المتوسط Medium والغامق Dark).

ونبدأ بالدرجة الأولى Clear حيث نقوم بقطع الجزء المـراد حفـره ونجعلـه مكشوفاً غير مغطى وهي الطبقة الفاتحة جداً ونضعه ثلاثة دقـائق فـي الحمـض يحددها مؤشر الساعة في ٣ ماء : ١ حمض وبعد ثلاثـة دقـائق نغمـر القطعـة الزجاجية في الماء.

بعدها نكشف عن الطبقة الثانية light وفي نفس الفترة الزمنية ثـلاث دقـائق أخرى. فنكرر ما حدث.

وبعدها نعيد الدرجة المتوسطة meduim ونكرر بنفس الفترة الزمنيـة ثلاثـة دقائق أخرى، وبعد عملية الغمر الثالثة سنجد أن أول طبعة قد أخذت درجة فاتحـة جداً نظراً لوجودها في الحمض (٩) تسعة دقائق أي أطول مدة بعدها الدرجة الثانية

نظراً لوجودها ستة دقائق بعدها الدرجة الثالثة ثلاثة دقائق، أمـا الدرجـة الرابعـة المغطاة فهي أغمق الدرجات الأربعة.

ومن هنا نجد أن عامل الوقت هام في عملية الحفر بالحمض علـى الزجـاج، ويعتمد على قوة تركيز الحمض وعلى نوعية الزجاج.

وعلى العموم فإن الاحمرار الياقوتي والأزرق أكثر الألوان استجابة في دقائق بسيطة، في حين أن الأصفر والأرجواني الغامق مثلاً يأخذ حوالي ½ (نصف) ساعة أما الذهبي والوردي والأخضر فهم ألوان صلبة للغاية ولذلك فكل لون يحتـاج إلـى عدة ساعات لكي نصل إلى نتائج مرضية من عملية الحفر بالحمض على الزجـاج" (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص ص ١٥٦- ١٦٦).

ومما هو جدير بالذكر أنه يمكن للفنان استخدام الألوان القابلة للحريق على ومع الحفر بالحامض ويفضل استخدام هذه التقنية المزدوجة على زجاج متلألئ.

**٢- الحفر بالطريقة الكيميائية عن طريق أملاح فلوريد الأمونيوم:**

يمر التشكيل والحفر بهذه الطريقة بعدة مراحل أهمها:

- فكرة التصميم أو الشكل وإعداده بالدرجات المختلفة.
- تكبير التصميم وطبعه على (شبلونة) خاصة من الشفاف الجيد بكـل درجـة لونية على حدة.
- تحضير السطح وتجهيزه لاستقبال الأملاح المعدنية لعملية الحفر بأن ينظـف السطح الخارجي بالماء ويترك ليجف وتكون الشفافات معدة كل علـى حـدة وتلصق الأولى على أحد الأسطح المراد العمل عليها.

وتغطى كل الأجزاء المراد تركها بلون الزجاج الشفاف مع الدقة في التحديـد باستخدام أحد أنواع اللاكيهات التي لا تتفاعل مع هذه الأملاح وتترك لتجف.

وأثناء تحضير الأملاح يراعى أن يضاف كمية قليلة جداً من حمض الهيدروفلوريك المخفف وذلك لزيادة سرعة التفاعل.

يوضع الزجاج بعد جفافه في حوض الملح مع تحريك السطح حركة خفيفة، على أن تكون كمية الملح الموزعة على السطح متساوية حتى يحدث التفاعل منتظماً، مع مراعاة تقليب الملح باستمرار لكي يساعد على إحداث عملية التفاعل وانتظام وتجانس الدرجات اللونية المطلوبة.

ويجب على المشتغل بهذه العملية أن تكون له خبرة سابقة بنوعية الزجاج فغالباً لا تتعدى هذه العملية أكثر من خمس دقائق لإعطاء الدرجة المطلوبة، بعد ذلك تجرى عملية تنظيف السطح وإعادة الطبع مرة أخرى وثالثة ورابعة تعطي أربع درجات لونية مختلفة، ثم ينظف السطح جيداً بوضعه في حمام من الماء والبوتاس لإزالة اللاكيهات، أو يكشط اللاكيه ثم يزال بأحد المذيبات الزيتية البترولية وبعدها بالماء ويجفف في فرن درجة حرارة °40م لتطاير جميع المواد العالقة بالجسم بعد التنظيف وبذلك يكون معداً للاستخدام.

إن من أهم مميزات هذه التقنية أن لها صفة الشفافية ولذلك تستعمل وبكثرة كستائر فاصلة، لأنها تفيد عملية الفصل والإبقاء على الإضاءة، وسهلة التنظيف ولذا فهي محببة في استعمالها في الفتحات المتحركة، فيمكن استخدامها نظراً لأنها لا تحجب الضوء أو الشمس فهي تعمل على ربط الداخل بالخارج والعكس، ومن أهم مميزاتها أيضاً أنها تمكن الفنان من التحكم في نسبة الحجب من الداخل والخارج وذلك عن طريق الإكثار من المساحات المعرضة لأكثر من مرة في الأملاح" (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٣٦- ١٣٨).

**ب ـ الحفر على الزجاج بالأحجار والرقائق المعدنية:**

**- طريقة الحفر بالأحجار المعدنية:**

" تعتمد هذه الطريقة على عدة عناصر أهمها كيفية اختيار أنواع الزجاج المراد تنفيذ الحفر عليه، فيجب أن يكون نوع الزجاج المستخدم له صفة الـصلابة والقـوة حتى يستطيع تحمل الصدمات الناتجة عن التآكل والاحتكاك أثنـاء عمليـة الحفـر، ولاختلاف الأعماق أثناء الحفر، كما يجب أن يكون من النوع الذي يمكنه أن يعكس أو يشتت الضوء فيعمل على تحليله إلى الأشعة الضوئية ليعطي رونقاً وشكلاً جميلاً كالماس.

ويقوم الفنان بحفر الزجاج أمام الماكينة المعدة للحفر وهي عبارة عن قـرص صغير من الرقائق المعدنية كالحديد أو النحاس، تتساقط عليها كميـة مـن بـودرة الكربورندم المبللة بالماء عن طريق قمع من الصاج يعلو القرص الـدائري نفـسه، ويؤدي ذلك إلى احتكاك البودرة المتساقطة بسطح الزجاج المراد حفره، والحفر مع دوران القرص المعدني يؤدي إلى تآكل الزجاج وحفره، أما طريقـة الحفـر ذاتهـا فتعتمد اعتماداً كلياً على مقدرة وخبرة الفنان فيستطيع التحكم في حركة يده ويغيرها من وضع إلى آخر سواء عن طريق الضغط أو الدوران وذلك تبعاً للجـزء المـراد حفره والمرسوم بالشمع.

ثم تلى ذلك تطوير الماكينة باستبدال القرص المعـدني بأحجـار الكربورنـدم المصنعة بإحكام وأشكال مختلفة في عملية الحفر، وظلت الماكينة تتطور إلى أن تـم إضافة الموتور إلى ماكينة الحفر العصرية إلى جانب الاهتمام بالشكل وإضافة بعض الوسائل الأخرى إليها، كوحدة الإضاءة والدولاب الملتصق لحفظ الأعمال وكرسـي خاص ملتصق بالماكينة (زينهم، ١٩٩٩م، ص ١١٧- ١١٨).

- **الحفر بالحجر اليدوي:**

وتستخدم فيه الرقائق المعدنية للحفر، ويستخدم في الأعمال الدقيقة تتراوح أقطار أقراص التشغيل ما بين ٨/١ إلى ٥ بوصات، ويتغذى أثناء الدوران والحفر بزيت بذرة الكتان، ويمكن الاستعانة بهذا الحجر اليدوي في المسطحات الزجاجية الكبيرة وفي هذه الحالة يستبدل زيت بذرة الكتان برش المسطح برشاش من الماء المستمر أثناء عملية الحفر (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٢٢).

- **طريقة الحفر بالإبر المعدنية:**

حيث تغمر القطعة الزجاجية المراد تنفيذها في سائل من الشمع ليعطي طبقة رقيقة فوق القطعة، وغالباً ما يستخدم في هذه العملية شمع البرافين Paraffin أو التربولين Rosin بعد إجراء عملية التسخين لوضعه في الحالة السائلة، بعدها يثبت الزجاج بعد سحبه من مصهور الشمع ووضعه على منجلة التفريغ المثبتة في ماكينة الحفر، والمتصلة بموتور متحرك ليعمل على دوران هذه المنجلة وعليها القطعة المعرضة لعملية الضغط على السطح عن طريق إبرة حديدية ذات أقطار صغيرة، وهذه الإبرة المثبتة في ماكينة الحفر عن طريق قاعدة مربعة تتحرك حركات تذبذبية مختلفة ناتجة من علبة التروس المصنعة للخطوط التي قام بتنفيذها الفنان المختص.

وينتج من هذه العملية حفر على الطبقة الشمعية التي تكسو القطعة الزجاجية، وبعد ذلك ترفع القطعة الزجاجية من منجلة الحفر وتوضع في محلول من حامض الهيدروفلوريك وقليل من حمض الكبريتيك لفترة زمنية محسوبة نظراً لسمك المنتج ودرجة تركيز الحامض، تُغسل بعدها القطعة بالماء المغلي بعناية وتجفف جيداً.

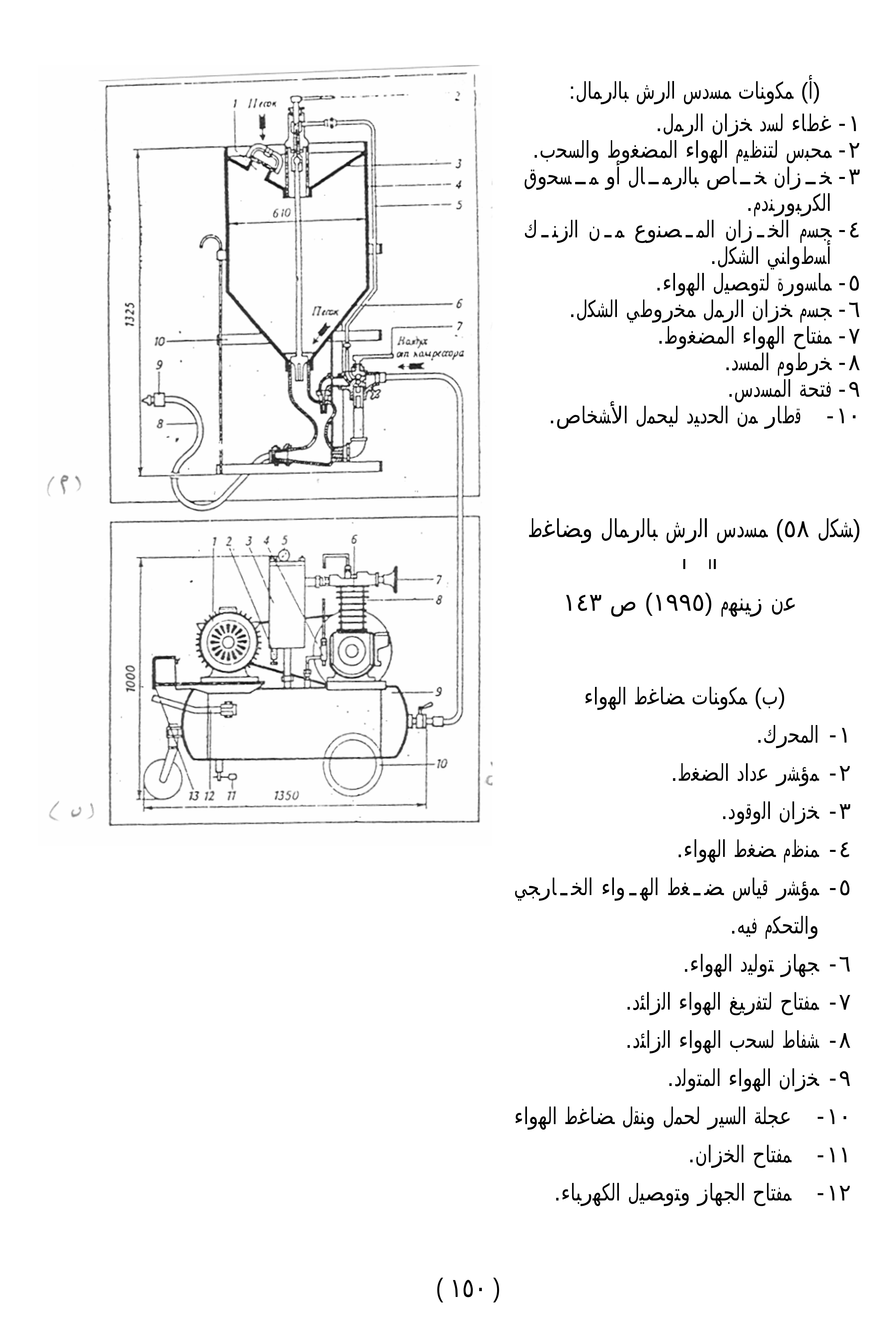
بعدها يتم التصميم المراد حفره على الورق في مساحات صغيرة إلى حيز التنفيذ على السطح الزجاجي عن طريق الخدش أي خدش الطبقة العاملة بإبرة من ماكينة الحفر المسطحة.

وبعد عملية الحفر نضعه في حوض الحامض وهو مصنوع من صاج معزول بمادة بلاستيكية لوضع حامض الهيدروفلوريك لكي يغطي الجزء المراد حفره، وبه فتحة (فلتر) للهواء والتي تستخدم لشفط البخار الناتج عن التفاعل وباب للفتح والغلق بعد وضع القطعة داخل غرفة عملية الحفر وبه مكان لحفظ المنتج" (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٢٩- ١٣١).

## جـ الحفر على الزجاج بالطريقة الميكانيكية (الحفر بالرش)

**الرش ببودرة الكربورندم أو الرمال:**

لقد لوحظ أن زجاج النوافذ في المباني الموجودة على الشواطئ يحدث به بعض الخدوش أثناء العواصف الرملية الشديدة، وذلك نتيجة لاصطدام الرمال بهذه النوافذ الزجاجية، ولم تأخذ هذه الظاهرة وتطبق في الإنتاج إلا بعد عام ١٨٧٠م حيث أجريت عدة تجارب ميكانيكية بواسطة بنيامين شيو تلجيمان Benjamin Chew Tilghman، وقد أنتجت أول قطعة محفورة بالرمال عام ١٨٧٠م، وبعد ثلاث سنوات استطاع تلجمان أن يصنع (ماكينة للرش بالرمال) عرضت في فيينا واسترعت اهتمام الفنانين بإحداث عدة تأثيرات مختلفة (سعيد، ١٩٨٤م، ص٨١)، وتعتبر هذه العملية من أرخص العمليات الفنية وأكثرها انتشاراً. وتتلخص هذه العملية في نفخ الزجاج المراد إجراء عملية الحفر عليه عن طريق حبيبات الرمل أو مسحوق من بودرة الكربورندم مع الهواء المضغوط (شكل ٥٨)، وكلما كانت حبيبات الرمال أكبر حجماً من حبيبات الكربورندم أعطى ذلك ملمساً يختلف عن الحبيبات الأصغر (شكل ٥٩) وأيضاً كلما كان ضغط الهواء أكثر من نسبة البودرة أو الرمال في مسدس الرش أعطى مسطحاً أكثر شفافية في نسبة اللون.




(أ) مكونات مسدس الرش بالرمال:

١- غطاء لسد خزان الرمل.
٢- محبس لتنظيم الهواء المضغوط والسحب.
٣- خـزان خـاص بالرمـال أو مـسحوق الكربورندم.
٤- جسم الخـزان المـصنوع مـن الزنـك أسطواني الشكل.
٥- ماسورة لتوصيل الهواء.
٦- جسم خزان الرمل مخروطي الشكل.
٧- مفتاح الهواء المضغوط.
٨- خرطوم المسد.
٩- فتحة المسدس.
١٠- قطار من الحديد ليحمل الأشخاص.

(شكل ٥٨) مسدس الرش بالرمال وضاغط

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٣

(ب) مكونات ضاغط الهواء

١- المحرك.
٢- مؤشر عداد الضغط.
٣- خزان الوقود.
٤- منظم ضغط الهواء.
٥- مؤشر قياس ضـغط الهـواء الخـارجي والتحكم فيه.
٦- جهاز توليد الهواء.
٧- مفتاح لتفريغ الهواء الزائد.
٨- شفاط لسحب الهواء الزائد.
٩- خزان الهواء المتولد.
١٠- عجلة السير لحمل ونقل ضاغط الهواء
١١- مفتاح الخزان.
١٢- مفتاح الجهاز وتوصيل الكهرباء.

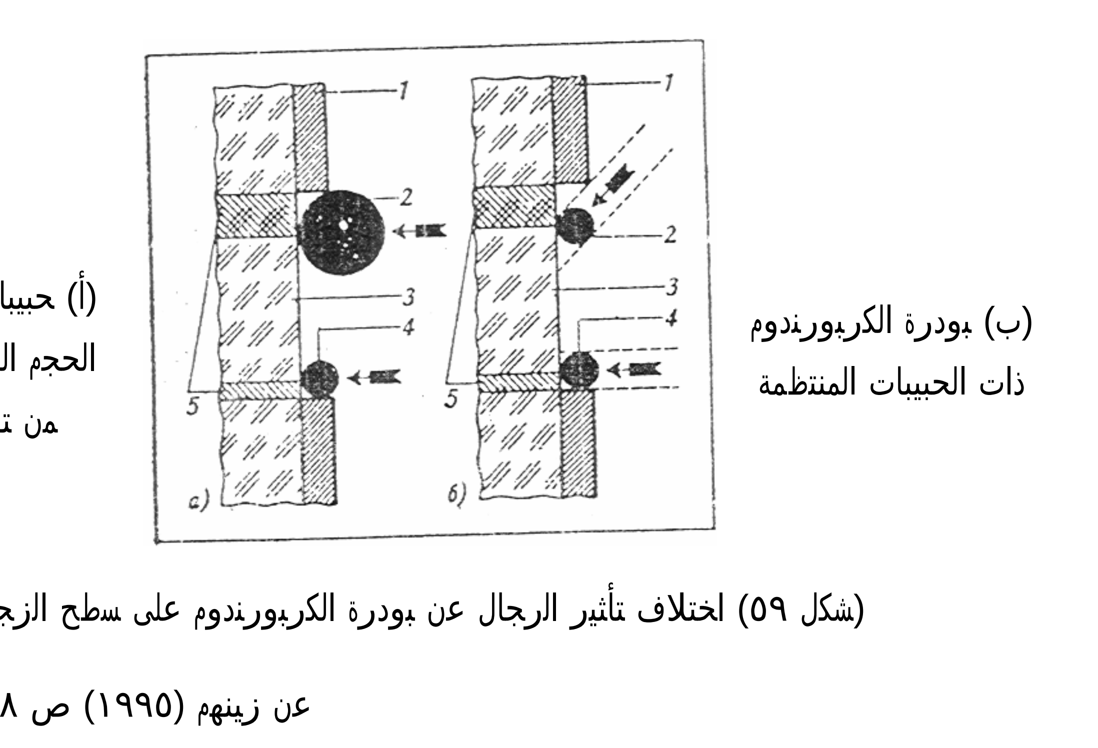
**طريقة التنفيذ:**

يجب أولاً رسم الشكل على ورق مقوى أو طبقة من البلاستيك المطاط، وهناك نوع جيد قد تم تصنيعه لهذه العملية وهو نوع من الورق المقوى بالبلاستيك وله طبقة سطحية من اللصق الذاتي لوضعها على القطعة بعد الانتهاء من عمل التصميم.

وطريقة العمل كالآتي:

- رسم الشكل المراد تنفيذه مرتين على الورق المقوى أو لوحة من البلاستيك الشفاف، أو هناك بعض أنواع الورق المعد خصيصاً لهذا النوع من الحفر تلتصق تلقائياً بالضغط على الزجاج.
- إزالة الطبقة العازلة التي تغطي السطح اللاصق للورق الخاص بهذا النوع من التصنيع أو دهان الورق العادي أو البلاستيك بطبقة من الغراء.
- عمل اللوحة الزجاجية المراد تنفيذ الشكل عليها ثم لصق الشكل على لوحة الزجاج سواء بالضغط من الغراء ولصقها على السطح الخارجي.
- إزالة الفراغات المراد رشها بالرمل أو بودرة الكربورندم للحصول على اللون الأول من الحفر ورشها بالطبقة الأولى من الرش.
- لصق لوحة التصميم الثانية بعد إزالة الفراغات المراد ظهورها باللون الثاني ورشها بالطبقة الأخرى من مسدس الرش.
- إزالة الورق العازل وغسل آثاره بالماء والصابون وبذلك نجد أننا قد حصلنا على تصميم منفذ على السطح الخارجي مرشوش بالرمل ذي لونين مختلفين في تصميم واحد (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٤١، ١٤٢).

وقد أمكن ابتكار ماكينات صغيرة في الحجم رخيصة التكاليف قام بابتكارها موريس Morse بالولايات المتحدة الأمريكية حيث خلط الرمال بمادة ثقيلة لإعطاء

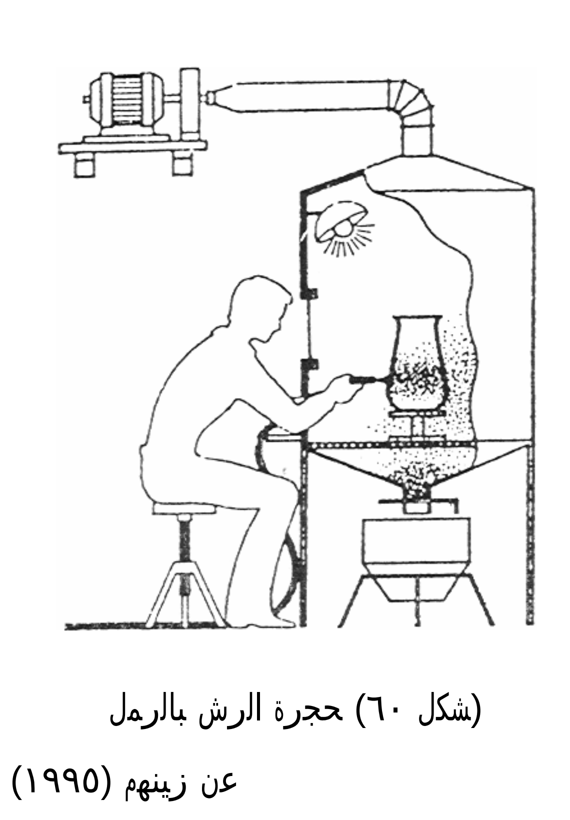



(أ) حبيبات الرمال ذات
الحجم الكبير وما تسببه
من تغير الملمس

(ب) بودرة الكربورندوم
ذات الحبيبات المنتظمة

(شكل ٥٩) اختلاف تأثير الرجال عن بودرة الكربورندوم على سطح الزجاج

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٨



(شكل ٦٠) حجرة الرش بالرمل

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٨

تأثيرات أفضل، ويشير موريس إلى أن التعريض لا يكون في مكان واحد حيـث أن التجانس يعطي تنويعاً متعادلاً في درجات الظل الناشئة عن العمق (شكل ٥٩)، كما أضاف تقنية جديدة حيث مزج تشيلات T.Tiuchelut الرمال أو نداها بقطـرات مـن محاول حامض الهيدروفلوريك على سطح الزجاج سنة ١٨٩٦م.

كما تم إضافة عدة عمليات لتلك الطرق التكنيكية بغرض رفع مستوى العمـل لضمان الأمن الصناعي للإنسان وهذه الطرق هي:

ضغط الهواء العادي، الهواء المضغوط، الجمع بين الهواء العـادي والهـواء المضغوط، البخار، القوة الطاردة المركزية، استخدام خاصية الاحتكـاك أو تآكـل. (سعيد، ١٩٨٤م، ص ٨١- ٨٣).

**ثانياً: الدراسات السابقة:**

قامت الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الزجاج المعشق في معظمها على عرض وتناول تقنية واحدة من تقنيات الزجاج الملون والمعشق، وسيستفيد الباحـث في إجراء دراسته على بعض من تلك البحوث والدراسات العلمية المرتبطة بجوانب البحث الحالي وسوف يتعرض لها الباحث لتوضيح أوجه الالتقاء والاختلاف علـى النحو التالي:

١- دراسة محمد أحمد حسن سالم تحت عنـوان"التـصوير الجـداري ودوره فـي المجتمع المعاصر- رسالة دكتوراه غير منشورة ١٩٨٢ جامعـة الإسـكندرية وتتناول تأريخ لأعمال التصوير الجداري في مصر ودراسة وسائط التـصوير الجداري المختلفة حيث يتعرض لتقنية الأداء لكل من تلك الوسائط ويتناول فـي الباب الأول الإطار التاريخي للتصوير الجـداري بعـرض نمـاذج للتـصوير الجداري فيما قبل التاريخ ومقتنيات الفرسك الجـاف فـي مـصر. الفسيـسفاء المزجج في غرب آسيا والفسيسفاء اليوناني والروماني وعصر النهضة.

أما الباب الثاني فيتناول وسائط التصوير الجداري وخطوات التنفيذ في كل منها كالفرسك الجاف والتمبرا والتصوير بالشمع والراتنجات الـصناعية والزجـاج الملون وتتفق تلك الدراسة مع دراستنا الحالية في التقنية الأخيـرة فقـط حيـث تناول تلك الدراسة عرض جميع وسائط التنفيذ في التصوير الجداري بينما تهتم دراستنا يتناول تقنية تنفيذ الزجاج الملون بأنواعه المختلفة.

٢- دراسة طارق لطفي جاروة تحت عنوان "التحديث في فـن الزجـاج المعـشق وتطبيق بعض التقنيات في مبنى مركز القاهرة للمؤتمرات" رسـالة ماجـستير ١٩٩٩ جامعة حلوان. ويتناول الباحث في الفصل الأول دراسة أثر الضوء على الأعمال الحديثة في ألمانيا ودور الفنانين الألمان في عملية التحديث في الزجاج الملون وتحطيم المفاهيم السابقة عن الزجاج المعشق، أما الفصل الثاني فيتنـاول

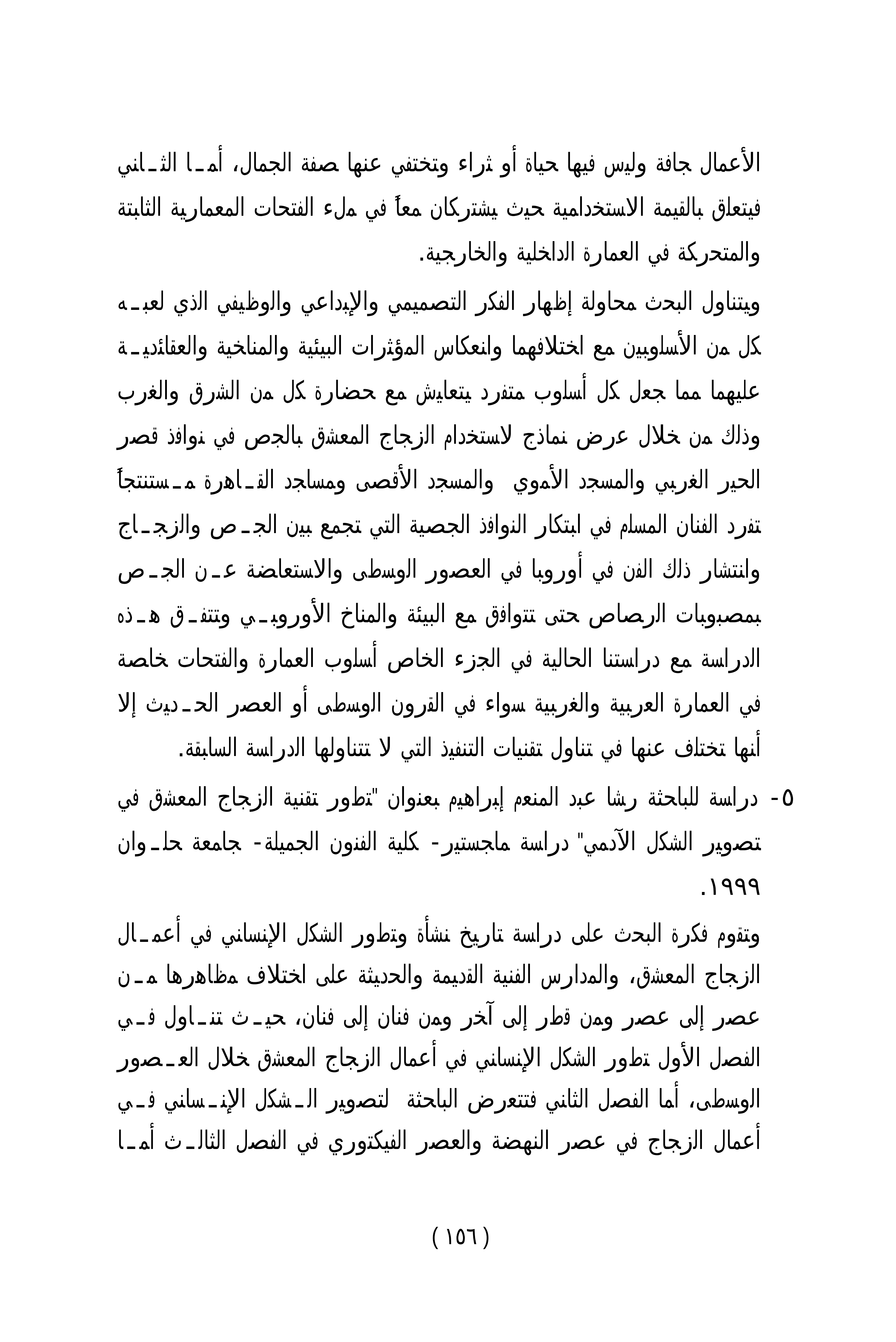
تطور الزجاج المعشق في إنجلترا وتخلى الفنانين عن قيود الكنيسة ثم تطور هذا الفن في فرنسا وخاصة بعد الحرب العالمية والاستعانة بفنانين أمثال ماتيس وشاجال وجاك ميلون ثم تلاهم في تلك الحقبة الزمنية الفنانين جورج براك وراؤل أباك والتحديث باستخدام تقنية البلاطات الزجاجية من خلال الفنان جان بل لوار، أما الفصل الثالث فيتناول حركة التجديد التي مرت بأمريكا في نفس الفترة الزمنية وتتفق تلك الدراسة مع دراستنا الحالية في جزئية واحدة وهي الإطار التاريخي وتقنية استخدام البلاطات وتختلف عنها دراستنا الحالية في تناول معظم التقنيات التنفيذية في مجال الزجاج الملون.

٣- دراسة هوايدا أحمد عبد الحميد عبد الغفار بعنوان النوافذ الحصينة المؤلفة بالزجاج الملون وعلاقتها بالعمارة الإسلامية- رسالة ماجستير كلية الفنون الجميلة جامعة حلوان ١٩٩٩.

وتتناول تلك الدراسة مفهوم النافذة وأنواعها على مر العصور ثم مفهوم النافذة في العصر الحديث ودور اللون بداخل مسطحات الزجاج ثم تقنيات تنفيذ الزجاج المعشق بالجص ثم طرق ترميم الزجاج المؤلف بالجص وهي دراسة تتفق مع دراستنا الحالية في تقنية واحدة فقط من التقنيات التنفيذية لأعمال الزجاج المعشق بالجص.

٤- دراسة إيمان عبد الفتاح ندا تحت عنوان "استخدامات الزجاج في الفرغات المعمارية أوروبا والمشرق العربي" رسالة ماجستير غير منشورة بكلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان ١٩٩٧م.

وتناولت الدراسة تميز كل من الشرق والغرب بأسلوبين لهما أثرهما الواضح في عمارة القرون الوسطى والعصر الحديث حيث عكس كل من الأسلوبين المؤثرات البيئية والحضارية والثقافية والعقائدية، وعلى الرغم من الاختلاف الكبير بينهما إلا أن هناك ثمة صلة وقرابة بينهما هو الضوء الذي بدونه تبدو



الأعمال جافة وليس فيها حياة أو ثراء وتختفي عنها صفة الجمال، أما الثاني فيتعلق بالقيمة الاستخدامية حيث يشتركان معاً في ملء الفتحات المعمارية الثابتة والمتحركة في العمارة الداخلية والخارجية.

ويتناول البحث محاولة إظهار الفكر التصميمي والإبداعي والوظيفي الذي لعبه كل من الأسلوبين مع اختلافهما وانعكاس المؤثرات البيئية والمناخية والعقائدية عليهما مما جعل كل أسلوب متفرد يتعايش مع حضارة كل من الشرق والغرب وذلك من خلال عرض نماذج لاستخدام الزجاج المعشق بالجص في نوافذ قصر الحير الغربي والمسجد الأموي  والمسجد الأقصى ومساجد القاهرة مستنتجاً تفرد الفنان المسلم في ابتكار النوافذ الجصية التي تجمع بين الجص والزجاج وانتشار ذلك الفن في أوروبا في العصور الوسطى والاستعاضة عن الجص بمصبوبات الرصاص حتى تتوافق مع البيئة والمناخ الأوروبي وتتفق هذه الدراسة مع دراستنا الحالية في الجزء الخاص أسلوب العمارة والفتحات خاصة في العمارة العربية والغربية سواء في القرون الوسطى أو العصر الحديث إلا أنها تختلف عنها في تناول تقنيات التنفيذ التي لا تتناولها الدراسة السابقة.

٥- دراسة للباحثة رشا عبد المنعم إبراهيم بعنوان "تطور تقنية الزجاج المعشق في تصوير الشكل الآدمي" دراسة ماجستير- كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان ١٩٩٩.

وتقوم فكرة البحث على دراسة تاريخ نشأة وتطور الشكل الإنساني في أعمال الزجاج المعشق، والمدارس الفنية القديمة والحديثة على اختلاف مظاهرها من عصر إلى عصر ومن قطر إلى آخر ومن فنان إلى فنان، حيث تناول في الفصل الأول تطور الشكل الإنساني في أعمال الزجاج المعشق خلال العصور الوسطى، أما الفصل الثاني فتتعرض الباحثة  لتصوير الشكل الإنساني في أعمال الزجاج في عصر النهضة والعصر الفيكتوري في الفصل الثالث أما

الفصل الرابع فيتناول تغير تصوير الشكل الإنساني في مدارس ونزعات القرن الماضي- القرن العشرين.

كما تتناول الدراسة ألوان التصوير على الزجاج والوسائط المذيبات وتقنيات رسم وتصوير الشكل الإنساني والتصوير بألوان المينا والحفر على الزجاج وتتفق هذه الدراسة مع دراستنا الحالية في أساليب التصوير على مسطحات الزجاج وتقنيات الحفر وتختلف دراستنا الحالية في عدم تناول الشكل الآدمي في التصوير على الزجاج واشتمالها على عرض معظم التقنيات المستخدمة في تنفيذ الزجاج المعشق والملون.

٦- دراسة للباحث مصطفى عبد الرحيم سعيد تحت عنوان" تأثير اللون في المسطح الزجاجي الناتج عن طريق الإزالة والإضافة وعلاقته بالفتحات المعمارية الحديثة" دكتوراه غير منشورة- كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان ١٩٨٤م.

والرسالة تناولت الربط بين أثر اللون الناتج عن أسلوب الإزالة والإضافة وعلاقته بالفتحات المعمارية الحديثة في الأسطح الزجاجية، وقد اشتملت الدراسة على ثلاثة أبواب تناول الباب الأول أثر اللون من تقنية على الأسطح الزجاجية الشفافة والمعتمة وتشتمل على توظيف الدرجات اللونية والظلية واستنباط حلول مناسبة.

أما الباب الثاني فيشتمل على دراسة للون من الناحية الكيمائية والصناعية التطبيقية وأسباب وجود اللون وطرق تلوين وصباغة الأسطح الزجاجية كما أثبتت الدراسة أن المعالجة الحرارية ليست الوحيدة التي تؤثر في اللون بل أن أشعة جاما والفوق بنفسجية حيث أمكن استخدامها في طبع الرسوم والزخارف داخل نبتة الزجاج. وشمل الباب الثالث تأثير اللون عن طريق الإزالة والإضافة وكيفية تطبيقها وتطبيقات الباحث في ذلك المجال والدراسة تتفق مع دراستنا الحالية فيما يخص دراسة اللون من الناحية الكيمائية والصناعية وطرق التلوين وتختلف عنها دراستنا الحالية في عرض أغلب التقنيات المستخدمة في تنفيذ الزجاج المعشق.

# الفصـــل الأول
## خطـــة البـــحث

- المقـدمـة.
- مشكلة البحث.
- تساؤلات البحث.
- أهمية البحـث.
- أهـداف البحث.
- حدود البحث.
- منهج البحث.
- مصطلحات الدراسة.

## مقـــدمـــه:

يمثل الزجاج الملون أكثر الوسائط التنفيذية فاعلية ونجاحاً من حيث حضوره اللوني، وهو اعتبار له أهميته وخاصة في البيئة السعودية التي تفتقد اللون وتنوعاته في عناصر طبيعتها- بل يغلب عليها- لظروف المناخ والموقع وغيره لون ترابـي يكسو هذه العناصر، وربما كان هذا الاعتبار من الأمور التـي دعـت لاسـتخدام الزجاج المؤلف بالجبس في العمارة الإسلامية، ولكن من الملاحظ أن هذا النوع من معالجـة الزجـاج الملون له إمكانيات استخدام محدودة في العمارة الحديثة؛ فلم يعد هناك وجود للحوائط السميكة التي كان يثبت في جدرانها وفتحاتها هذا النـوع مـن الزجاج والتي توفر الحماية من العوامل الجويـة، ويـضاف إلـى ذلـك أن نـوع التصميمات التي سادت أعمال الزجاج قديماً وكانت تلائم نمط العمـارة فـي ذلـك الوقت والتي لم تعد تلائم العمارة السائدة الآن، وعلى الرغم من أن خامات الجـبس والزجاج الملون والتي وفت بالمطلوب الجمـالي قـديماً مـن الممكـن تطويعهـا واستخدامها للوفاء بهذا المطلب في العمارة الحديثة سواء من حيث التصميم أو طرق التنفيذ.

والزجاج من الخامات التي عرفها الإنسان منذ القدم ويرجع أقـدم اسـتخدام للزجاج في المباني إلى العصور الرومانية، إلا أن فن الزجاج المعشق فن حديث إلى حد ما، ذلك لأنه تطور خلال السنوات الماضية تطوراً كبيراً لتأثره بالتاريخ والدين والتغيرات الاجتماعية والاكتشافات العلمية والمدارس التشكيلية، وربما كان اكتشاف الزجاج قد تم بمحض الصدفة، وحتى الآن لم يحدد بشكل قاطع بدء اكتشاف الزجاج، ولكن اكتشاف النار أدى إلى اكتشاف الصناعات التي تعتمد علـى الحـرارة مثـل الفخار والخزف والزجاج، وقد عرف منذ بداية الأسرة الثامنة عـشر فـي مـصر القديمة إنتاج الزجاج على نطاق واسع وبطريقة منتظمة، وقد وجـد بمـصر عـدة مصانع للزجاج، كان أقدمها عهداً ما وجد بطيبة ويرجع تاريخها إلى الملك أمنحتب

الثالث أحد ملوك الأسرة الثامنة عشر الفرعونية، ويلي ذلك ثلاثة أو أربعة مـصانع وجدت بالعمارنة في عهد إخناتون (لـوكس، ١٩٩٢م، ص ٢٥٨- ٢٥٩) وقـد كانـت الإسكندرية أعظم مراكز صناعة الزجاج قديماً، وفي بعض الوثـائق مـن العـصر الروماني عدة إشارات إلى الزجاج المصري، حيث وصل فن صناعة الزجاج فـي مصر إلى حد جعلها مطمع الملوك لقدرتها على صنع الزجاج وتعدد ألوانه مما أدى لاستقدام الإمبراطور نيرون لمجموعة صناع مصريين لجزيرة مورانو بروما، وأنشأ أول مصنع لها، وكان هذا بداية إنشاء هذه الصناعة في بـلاد الغـرب (النحـاس، ١٩٦٨م، ص ٢٨).

وفي العصر الإسلامي استعمل الزجاج على يد المـسلمون فيمـا يـسمونه القمرية أو الشمسية، وكلاهما نافذة صغيرة من الجص المفرغ تُسد فتحاته بزجـاج ملون وتؤلف هذه الفتحات زخارف إسلامية من فروع نباتية أو رسوم هندسـية أو كتابات، والأرجح أن يكون بداية استعمال هذه الشبابيك راجعاً إلى النصف الثاني من القرن السابع الهجري- الثالث عشر الميلادي.

وقد اهتمت الدولة الطولونية بالزجاج المسطح إلى جانب اهتمامها بتقنية نفخ الزجاج الخاص بالقناديل والأواني، فقد جدد أحمد بـن طولـون مـصنع الزجـاج بالإسكندرية ورمم المنارة وأصلح المرآة الزجاجية، وقد زين الجامع الخـاص بـه بالثريات والقمريات الزجاجية ذات الألوان والكتابة، كمـا نفـذت جميـع فتحـات المسجد- شمسيات وقمريات- بالزجاج المؤلف بالجبس وهي إلى الآن تـدل علـى روعة فن الزجاج في تلك الفترة بمصر، أما في أسبانيا، فيمتاز الزجاج عن غيـره بأنه يحمل الطابع العربي الإسلامي في الشكل العام والطـابع الفنـي فـي طريقـة صناعته خلال القرنين الرابع عشر والخامس عشر الميلادي، حيث كانت الأنـدلس مركزاً لصناعة الزجاج، فقد أقام العرب في أسبانيا حاضرة عريقة لا تزال آثارهـا

باقية حتى الآن، ففي آثار غرناطة قصر الحمراء المـزين بالثريـات والقمريـات الزجاجية نصف الدائرية ذات الألوان والكتابة البارزة المذهبة.

(إيمان نداء، ١٩٩٧م، ص٧).

ومع بداية القرن السادس عشر الميلادي- عصر النهضة- بدأ تـاريخ فـن الزجاج الملون يعرف بصورة أفضل في فرنسا وإيطاليا، ومن غير المعروف علـى وجه الدقة تاريخ استعمال الزجاج المؤلف بالرصاص ومن المعتقد أن تاريخه يعـود إلى ما قبل القرن التاسع الميلادي، وربما كانت نـشأته فـي الـشرق الأوسـط – القسطنطينية- ثم انتقل إلى فينسيا في القرن العاشر حيث كانت مراكزه الـصناعية. ومع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لم يرتبط فنـان هـذا العـصر بالمباني الدينية كما هو في العصر القوطي، بل عاش العمارة الحديثة وقد اسـتطاع الفنان أن يوجد الوحدة والتآلف بين التصوير والمسطحات في العمارة؛ حيث فتحـت أنماط العمارة الحديثة من خطوط مستقيمة من التجديدات الهيكلية من حيث الاعتماد على الحديد والأسمنت خلال القرن العشرين ومدى استغلال تلك الفرص بشكل كامل اعتماداً على كتلة المعماري؛ لأنه هو الذي يقرر أي نوع من الغطاء يستخدم لتغطية الإطار الخارجي للعمل في البنايات الحديثة (المرجع السابق، ص٨).

ومع ظهور الانطباعية وظهور اتجاهات حديثة في الفـن وخاصـة حركـة الآرت نوفو Art Nouveau التي كانت تعطي اهتماماً كبيراً للزخرفة الداخليـة فـي العمارة المدنية ومن بينها الزجاج الملون، وبعد الحـرب العالميـة الثانيـة اتجـه المعماريون القائمون على الكنائس في أوروبا إلى استخدام الفنانين بغض النظر عن معتقداتهم الدينية ليجتمع فكرهم في سبيل إنشاء تجارب فنية بارزة، وقد قادت فرنسا هذه الحركة، حيث لجأت لاستخدام كل من الفنانين ماتيس Matisse وبراك Braque وليجيه Lege لإنشاء نوافذ الكنائس التي لم تكن تمثل الفن الديني بمفهومه التقليـدي، كما حل النمط التجريبي وشبه التجريدي مع بعض اللوحات الرمزية محل الأسلوب التشخيصي المعتاد (رشا عبد المنعم، ١٩٩٩م، ص٧١).

ويتناول البحث أساليب وتقنيات تنفيذ الزجاج كما يهتم البحث بمعالجـة أهـم وسيط في فن الزجاج المعشق، وهو الضوء المار من خلال تلك القطـع الزجاجيـة بحيث يكون له الصدارة كعنصر تشكيلي هام من هذا العنصر التشكيلي- إن جاز لنا أن نقسم العمل الفني إلى عناصر- اللون ثم الشكل، ويتفاعل الضوء واللون والشكل مع الأصول التقنية المختلفة.

**مشكلة البحث:**

**تنحصر مشكلة الدراسة في الآتي:**

أن هناك قصوراً في التعرف على تقنيات تنفيذ أعمـال الزجـاج المعـشق بأساليب تختلف عن الأنماط التقليدية في الزجاج المعشق- كالزجاج المعشق بالجص أو الزجاج المؤلف بالرصاص وشرائح النحاس- تتيح للدارسين إمكانيـة توظيفهـا بشكل يلائم متطلبات العصر والظروف المكانية وما يلائمها من أساليب تصميمية.

**تساؤلات البحث:**

**تحدد تساؤلات البحث فيما يلي:**

١- هل للضوء أثر في إبراز قيمة اللون في مجال الزجاج المعشق.

٢- ما إمكانية الاستفادة من الزخارف الشعبية فـي التـراث الـسعودي لعمـل تصميمات تنفيذية للزجاج المعشق تؤكد أصالة التراث بما يتناسب مع البيئـة والعمارة الحديثة.

٣- هل الخامات واللدائن الحديثة لها خصائص يمكن الاستفادة منها وتوظيفهـا بديلاً للخامات التقليدية المستخدمة في تنفيذ الزجاج المعشق.

## أهمية البحث:

**يمكن أن نلخص أهمية البحث في النقاط التالية:**

١- إلقاء الضوء على عنصر السبق للحضارة الإسلامية في مجال تطوير وتوظيف فن الزجاج المعشق.

٢- التأكيد على ضرورة الوعي بالأسس التصميمية والتنفيذية للزجاج المعشق كمدخل لإنتاج العمل الفني المتكامل والمتناسب مع متطلبات العمارة الحديثة.

٣- ضرورة فهم الجوانب التقنية حتى يمتلك الفنان الأدوات التي تؤهله للتحكم في الخامات بما يتناسب مع التصميم وبالتالي القدرة على الإبداع.

## أهداف البحث:

**يهدف البحث إلى ما يلي:**

١- توظيف الأسس التصميمية والتنفيذية للزجاج مع الاستعانة بوحدات من التراث الشعبي في تنفيذ مجموعة من أعمال الزجاج المعشق.

٢- الفهم التحليلي لإسهامات الحضارة الإسلامية في مجال الزجاج المعشق بالجص والزجاج المؤلف بالرصاص في التراث الأوروبي للتأكيد على أهمية الارتباط بين فهم التراث والمفهوم التقني لاستخدام الخامات.

٣- دراسة نشأة وتطوير الأساليب التقنية في الزجاج المعشق والتعرف على الاستخدامات القديمة والحديثة كعنصر زخرفي معماري.

٤- استنباط أساليب تصميمية مبتكرة لها طابع محلي مستوحى من التراث الشعبي بإمكانات مستحدثة في الزجاج الملون لإنتاج وحدات من الزجاج المعشق تخدم العمارة الحديثة.

**حدود البحث:**

حتى يتمكن الباحث من إجراء دراسة موضوعية فإن الدراسة تتكون من جزئين يكمل بعضهما الآخر كالتالي:

**أولاً:** دراسة تنظيرية عن الزجاج المعشق يمتد نطاقها زمنياً منذ تعـرف الإنـسان واكتشافه للزجاج ثم ظهور الزجاج المعشق في أوروبا وتطوره حتى الآن أما نطاق البحث مكانياً فيمتد من أوروبا حيث ازدهر الزجـاج المعـشق وبـلاد المشرق العربي حيث امتزجت العمارة البيزنطية بالعمارة العربية الإسلامية.

**ثانياً:** دراسة تطبيقية يقوم فيها الباحث بإجراء مجموعة تجارب تتكون من عدة تصميمات مستوحاة من الزخارف تراثية يتم تنفيذها باستخدام الأساليب والطرق المتنوعة للزجاج المعشق- الجص- الرصاص- شرائح النحاس- اللدائن الصناعية- معالج الزجاج بالحريق ، كأعمال فنية متفردة بذاتها يتحقق فيها أسس التصميم وخطوات التنفيذ الخاصة بالزجاج المعشق.

**منـهج البحث:**

يشير مفهوم المنهج Difinition of Method إلى الطريقة المؤدية إلى الكشف عن الحقيقة بواسطة القواعد العقلية حتى نصل إلى نتيجة معلومة (أحمـد، ١٩٨٤م، ص٩٦).

ويتبع الباحث الخطوات التالية في تحقيق أهدافه وإثبات فروضة:

١- المنهج شبه التجريبي والذي نحن بصدد استخدامه في هذه الدراسة هو أحـد الطرق العملية التي نسعى إلى اكتشاف العلاقات السببية بين الظواهر ويؤكد (كوهين ماينو، ١٩٩٠م) على أن للمنهج التجريبي له سـمة مميـزة وهـو القصدية حيث أن "السمة الجوهرية للبحث التجريبي هو أن الباحث يتحكم في

قصد ويدير الظروف التي تحدد الأحداث التي يهتم بدراساتها" ص٢٢٥. ومن خلال استخدام المنهج شبه التجريبي في الدراسة يقوم الباحث باستخلاص صياغات وتقنيات تنفيذية في أعمال الزجاج المعشق لعمل مجموعة من التصميمات التي تم تنفيذها في الزجاج مستنداً في ذلك على ما استخلصه من الزخارف الشعبية خاصة العناصر الزخرفية بمنطقة الباحة.

٢- المنهج التحليلي للتعرف على التقنيات والأساليب التي اتبعها الفنان المسلم في تنفيذ الزجاج المعشق بالجص سواء القمريات أو الشمسيات، كذلك تحليل أساليب التنفيذ الأوروبية للزجاج المؤلف بالرصاص.

٣- المنهج الوصفي حيث يقوم الباحث فيه بعرض ما استخلصه من صياغات زخرفية، تم تنفيذها في مجموعة الأعمال التطبيقية في الزجاج المعشق، بالإضافة إلى وصف أعمال الفنانين المعاصرين الذين وظفوا الزجاج المرسوم في أعمالهم.

## مصطلحات الدراسة:

**الأسس التصميمية للزجاج المعشق:**

وتشتمل على الفكرة اللونية ومعالجة سطح الفتحة، والأبعاد والمنظور وعلاقة الفتحة بالمكان والطراز المحيط بها العناصر الفنية التي تخدم السطح، مع الأخذ في الاعتبار بأهمية معالجة خطوط الرصاص في التصميم لما لها من أهمية وظيفية.

**التراث الشعبي:**

عرفه سليمان (١٩٨٨م) بأنه " تلك الفنون التي تمتاز بعراقتها وتناقلها عن طريق التقليد والمحاكاة أو النقل الشفهي وهو يعبر عن روح الشعب وتقاليده ومعتقداته". ص٤٥.

**الوحدة الزخرفية:**

عرف أنيس (١٩٩٣م) الزخرفة بأنها " فن تزيين الأشـياء بـالنقش" ص٥. وهي الوحدات الزخرفية الهندسية والبنائية والرسوم الرمزية التـي أتـت بـصورة تلقائية متكررة، وقد نبعت من إحساس فطري يعبر عن معتقـدات الـشعب مثـل الزخارف الشعبية على المباني القديمة والمكملات الخشبية مثل الأبـواب والنوافـذ والأدوات المستخدمة.

**الضـــوء:**

عامل أساسي في استكمال وظيفة العين ونشاط الإبصار بحيث نستطيع رؤية ما نريد ونميز بين الألوان والأحجام.

ويمكن تعريف الضوء إجرائياً بأنه "تلك الأشعة المنبعثة من مصادر مـضيئة ثم تسقط على الأجسام فتنعكس منها بقدر يتوقف على خصائصها من المسطحات أو الأجسام ما يعكس قدراً كبيراً من الأشعة وفقاً لخصائصها الطبيعية، ومنهـا مـا لا يعكس إلا القليل منها أو لا يعكس (عبد الفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص١١٩).

**اللـــون:**

يعرفه سميتيز (١٩٩٨م) بأنه "الإحساس البصري المترتب علـى اخـتلاف أطوال الموجات الضوئية في الأشعة المنظورة وهو الاختلاف الذي يترتـب عليـه إحساس العين بألوان الطيف المختلفة التي تبدأ بـاللون الأحمـر وتنتهـي بـاللون البنفسجي". ص١٥٧.

**قيمة اللـون:**

ويعرفها سميتيز(١٩٩٨) بأنها "صفة تدل على درجة سـطوع اللـون مثـل إطلاق صفتي ساطع وقاتم على الألوان، وتقاس بمقدار الضوء المنعكس من الأجسام ويطلق عليها مصطلح Lightness.

كما يمكن تعريف قيمة اللون بأنها تلك الصفة التي تجعلنا نطلق عليها اسم "لون ساطع أو لون قاتم" وقد يتفق أصل لونين ولكنهما يختلفان في قيمتهما فيكون أحدهما ساطعاً يعكس كمية كبيرة من الأشعة، والثاني قاتماً تقل كمية الأشعة المنعكسة منه وبذلك نرى أثر قيمة اللون تدل على درجة نصوعه (عبدالفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص ١١٩).

**الوحدة**:

ويقصد بها اتباع أسلوب معين في التصميم يتم بموجبه تنسيق العناصر وربطها ببعضها وإعطائها طابعاً موحداً ليكون التصميم وحدة واحدة منسجمة مع بعضها ويربطه إيقاع واحد، ولكل عمل فني وحدة تربط أجزاءه برباط يخدم الشكل العام وتتم بالألوان أو بالخطوط، أو بالسطوح أو بالتكوين نفسه في مساره واتجاهه.

والوحدة في مجال الفن التشكيلي هي تعبير واسع يشمل عناصر متعددة، منها وحدة الشكل ووحدة الأسلوب الفني ووحدة الفكرة، أو وحدة الهدف أو الغرض من العمل الفني، وهذه العناصر جميعها هي التي تثير في الرائي الإحساس النهائي بوحدة العمل (عبد الفتاح رياض، ١٩٧٣م، ص ١٧٠).

**الزجاج**:

مادة صلبة هشة غير متبلره، مرت من حالة السيولة إلى حالة الصلابة- أثناء تصنيعها- بالسرعة الكافية لمنع تكون البلورات في السائل المنصهر، وعادة ما يكون الزجاج شفافاً عديم اللون كما يمكن تلوينه ويصنع بصهر الرمل- السليكا- مع كربونات الصوديوم أو كربونات الصوديوم أو كربونات البوتاسيوم.

**الزجاج الملوّن**:

يلون جسم الزجاج بإضافة أكاسيد معدنية إلى مكوناته وتختلف هذه الأكاسيد باختلاف اللون المطلوب مما يعطي إمكانية التنوع في اللون اعتماداً على كمية الأكاسيد أو الأكاسيد المضافة ونسبة مكونات الزجاج نفسه ومدة تسخين هذه المكونات.

## الفصـــل الثـــاني

## أدبيـــات الدراســـة

أولاً: الإطار النظري:

أ- التقنيات التقليدية لأعمال الزجاج المعشق:

- خصائص ومميزات الزجاج.
- الزجاج المعشق بالجص.
- الزجاج المؤلف بالرصاص.
- الزجاج المؤلف بشرائح النحاس.
- تقنية الرسم والتصوير في أعمال الزجاج المعشق.

ب- الاستخدامات الحديثة للزجاج الملون كعنصر زخرفي معماري:

- أعمال الزجاج والأسمنت.
- أعمال الزجاج واللدائن الصناعية.

ج- الأساليب الزخرفية على أسطح الزجاج الملون:

- الحفر بالمواد الكيميائية.
- الحفر بالرقائق المعدنية أو أحجار الكاربورندم.
- الطرق الميكانيكية عن طريق الرش.

ثانياً: الدراسات السابقة والمرتبطة.

## خصائص ومميزات الزجاج

الزجاج مادة شفافة عديمة اللون أو ملونة منها ما هو صلب في قـوة الفـولاذ ومنها ما هو في نعومة الحرير، يصنع بصهر أو اتحاد أحد الأكاسيد الحامضية مثل ثاني أكسيد السيليكون مع أحد الأكاسيد القلوية مثل أكـسيد الـصوديوم أو أكـسيد البوتاسيوم أو أكسيد الكالسيوم، ويمكن إضافة بعض العناصر الكيميائيـة الأخـرى للمكونات الأساسية للزجاج لكي تعمل على إضفاء خاصية للزجاج الناتج سواء فـي زيادة قوة تحمل الزجاج أو إضافة صفة لونية له أو العمل على تقليل معامل التمـدد وتخفيض درجة حرارة الانصهار.

ويعرف (زينهم، ١٩٩٥) ":

> الزجاج على أنه مادة غير عضوية ناتجة من الانصهار ويبردت إلى درجـة لا يحدث معها تبلور، وهو بصفة خاصة مادة يمكن تشكيلها في درجـات حـرارة معينة سواء لعمل المجسمات والمسطحات منها ما هو شفاف ملون أو غير ملون ونصف شفاف ومعتم كما في حالة الزجاج السيراميكي المتبلور" ص ٢١١.

**مكونات الزجاج:**

يتكون الزجاج من مجموعة مواد يتناولها سالم (١٩٨٢) كالآتي:

يتكون الزجاج من خليط من الأكاسيد الحامضية. (مثـل الـسيلكا- أوكـسيد الزرنيخ- حمض البوريك- أوكسيد الأنتيمون- أوكسيد الفوسفور).

الأكاسيد القاعدية أو القلوية (مثل الصودا- أوكسيد الماغنسيوم- البوتـاس- أوكسيد الرصاص- الجير- أوكسيد الزنك- أوكسيد الباريوم- أوكسيد الألمنيـوم). ويضاف إلى هذه المكونات قبل انصهارها نسبة مـن الخبـث الزجـاجي (Gullet) المتبقي من تصنيع سابق، وتتراوح هذه النـسبة مـن ٢٠ =٨٠% مـن مجمـوع المكونات لأنه يساعد على الانصهار ويقلل أيضاً من نفقات الإنتاج.

**وفيما يلي بيان بتركيب نوعين من الزجاج الأقرب إلى مجال هـذه الدراسـة فـي جانبها العملي:**

١- زجاج الصودا الذي يصنع منه زجاج النوافذ:

ويضيف (سالم، ١٩٨٢) بأن هذا النوع يستخدم في تصنيع زجاج النوافذ وبعد أنواع الزجاجات والأواني المتوسطة الجودة ويتكون مما يلي:

- ١٥% أكسيد صوديوم.
- ٣% أكسيد مغنسيوم.
- ١% كالسيوم.
- ١% أكسيد ألمنيوم. (ص ٨٦)

٢- زجاج الرصاص أو الكريستال:

وهذا النوع من الزجاج تصنع منه المنتجات الدقيقة والجيدة، ويعرف باسـم "الكريستال" ويمكن تشكيله بالنفخ بسهولة أكثر من زجاج الصودا، ويعـد اسـتعمال الرصاص في تصنيع الزجاج اكتشافاً إنجليزياً في القرن السابع عشر حيث أضـاف الكثير إلى الزجاج من حيث الشفافية والنقاء وسهولة التشكيل، ويتكون هذا الزجـاج من النسب التالية:

- ٣٠- ٣٦% أكسيد الرصاص.
- ١٠- ٣% أكسيد بوتاسيوم.
- ٥٣- ٥٦% سيليكـا. (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٧)

**العلاقة بين لزوجة الزجاج وإمكانية تشكيله:**

إذا انصهر الزجاج وأصبح سائلاً فإنه يتحول بسرعة إلى جسم صـلب أثنـاء عملية التبريد ففي هذه الحالة لا يمكن استغلاله في عملية التشكيل إلا بطريقة واحدة هي الصب، وذلك بصب المصهور الزجاجي في القالب مباشرة وإجـراء التـشكيل بالكبس، أما إذا استخدمت وسائل أخرى للتشكيل فعلى هذا الأساس يجـب اختيـار

تركيب خلطة زجاجية معينة لتشكيل بالطريقة المراد تنفيذها، والتي تعتمد على معدل لزوجة هذه الخلطة الزجاجية المصهورة في خلال الفترة الزمنية التـي تـستغرقها عملية التشكيل، ويجب أن تحتفظ هذه الخلطة أثناء التشكيل بدرجة اللزوجة الملائمة للعملية التشكيلية.

والزجاج الذي يحتوي على نسبة أكسيد الكالسيوم العالية يعتبر زجاجاً سـريع التحول من الحالة اللازجة إلى الحالة الصلبة وهذا الزجاج يستخدم غالباً في عمليات التشكيل السريعة مثل النفخ بواسطة صفارة التشكيل أما الزجاج الذي يحتوي علـى نسبة أكسيد الرصاص العالية فيعتبر متوسط التحول مـن اللزوجـة إلـى التجمـد ويستخدم في عملية التشكيل اليدوي والزجاج الذي يحتـوي علـى نـسبة أكـسيد الصوديوم العالية يعتبر بطيئاً في درجة التحول من اللزوجة إلى التجمد.

(إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص١١٩).

**خواص الزجاج**:

هناك خواص عديدة للزجاج ينبغي للفنان أو الحرفي الذي يتعامل مع الزجاج أن يكون على دراية ومعرفة بها، وحتى يستطيع أن يحقق عمله الفني بما يحقق أكبر قدر من التجانس. وهذه بعض خواص الزجاج التي تتصل بالجانب العملي من هـذه الدراسة يتناولها (سالم، ١٩٨٢م) كما يلي:

**١- جاء في تعريف الزجاج** أنه مادة "هشة" وهذا يعني أنها مادة قابلة للكسر فقطعة الزجاج- أين كان شكلها- هي تركيب من مادة واحدة متجانـسة Monolithie كمـا يذكر سالم (١٩٨٢)- أنها على النقيض من قطعة حجراً أو رخام مثلاً التـي هـي تركيب من عدد كبير من البلورات Polycrystalline وتحت الضغط فإن المادة الهشة يحدث بها قدر ضئيل من التشويه قبل أن تتكسر- في حين أن المادة المكونـة مـن العديد من البلورات يحدث بها الكثير من التشويه قبل أن تتكسر (مثـل الحجـر أو الرخام) ولأن الزجاج مادة هشة وذو تركيب واحد متجانس فإنـه مـن الممكـن أن ينكسر أو ينشر أو يصقل أو يخدش أو يحفر بوسائل مختلفة " (ص ٨٧).

### ٢- الصلابة:

كما ذكرنا في تعريف الزجاج أنه مـادة "صـلبة "، وصـلابة المـواد فـي التكنولوجيا يمكن قياسها بعدة وسائل، وبالنسبة للخزف والزجاج فإن الصلابة تعنـي مقدرة المادة لمقاومة الخدش والاحتكاك والقطع أو الاختراق بمقاومة الخدش تتحـدد بمقياس موسى Mohs Scale، وهو مقياس تنظم داخله مجموعة مواد مختلفـة كـل منها يستطيع أن يخدش بقية المواد الأقل منه صلابة، وهذه المواد مرتبة ابتداء مـن أقلها صلابة وحتى أشدها صلابة على النحو التالي: الطلق- الجـبس- الكالـسيت- الفلورايت- الأباتيت الأرتوكلاس- الكوارتز- الطوباز - الكربورندوم- الماس.

ويقع الزجاج من حيث الصلابة ما بين لاباتيت والكوارتز وتعتمد درجـة صـلابته على طبيعة مكوناته، فالزجاج الذي يدخل في تركيبه نسبة أكبر من أكسيد الرصاص قابل للخدش بسهولة أكثر من زجاج البوروسيليكات، ومعرفة هذه الخاصية تـساعد على اختيار المواد اللازمة لصقل أوحك أو حفر الزجاج وهي مواد صناعية تقع ما بين الأرتوكلاس Orthoclase والماس Diamond (سالم، ١٩٨٢م، ص ص ٨٧-٨٨).

### ٣- الضبابية:

ويقصد بهذا المصطلح كما جاء عند سالم (١٩٨٢):

> " تكون بلورات في الزجاج أو على سطحه، وتتكون هذه البلورات في درجات الحرارة العالية القريبة من درجة حرارة التشغيل وتغطي السطح بطبقة ضـبابية تفقد الزجاج بريقة وتألقه، ومكونات الزجاج لها تأثير كبير على حـدوث هـذه النتيجة فبعض أنواع الزجاج لها مقاومة لحدوث التبلور على سطح أكثـر مـن غيرها" (ص٨٨).

### ٤- التمدد والانكماش:

التمدد بالحرارة والانكماش بالبرودة خاصية من خواص المواد الصلبة ومنها الزجاج، فقطعة من مادة صلبة سيزداد طولهـا كلمـا ارتفعـت درجـة حرارتهـا وستنكمش إذا ما انخفضت. وخاصية التمدد والانكمـاش تختلـف بـشكل ملمـوس

باختلاف مكونات الزجاج. فزجاج السيلكا فقط (البلور الصخري) له قابلية ضـعيفة جداً للتمدد. وكلما أضيفت مادة قلوية للسبيكا للاعتبارات العملية- لخفـض درجـة انصهار مكونات الزجاج- كلما ازدادت درجة التمدد فزجاج البورو سـيليكات لـه معـامل تمدد عـال وزجاج الرصاص وزجاج الصودا له معامل تمدد أعلى وهكذا. وعلى سبيل المثال فإن معامل التمدد في شريحة من زجاج الصـودا طولها ١٠سم سوف تزداد طولاً (٢٤سم) وعندما تسخن بدرجة حرارة تصل إلى ٣٠٠م. ويجـب مراعاة هذه الخاصيـة عند العمل بأنواع مختلفة من الزجاج لتجنب آثارها الـسلبية (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٩).

**٥- التبريد Annealing:**

عند تعرض الزجاج للتبريد السريع من درجة حرارة الفرن التي تتراوح من ٥٠٠: ٧٠٠م إلى درجة حرارة الطقس العادي، فإنه يكون عرضة لـضغط كبيـر يتسبب في كسره وإذا لم ينكسر في الحال فإنه يكون عرضـة للكـسر أو الـشرخ مستقبلاً عند تعرضه لأقل ضغط وهذه الخاصية تتطلب الانتقال بالزجاج من درجـة حرارة التشغيل إلى درجة حرارة الطقس العادي بالتدرج وبترتيب معين. فمن خلال التبريد ينبغي أن يبقى الزجاج وهو في درجة حرارة عالية لمدة حـوالي عـشرين دقيقة، وهذه الدرجة تسمى نقطة التبريد Annealing point وهي تختلف من زجـاج لآخر حسب مكوناته، وبقاء الزجاج عند هذه الدرجة لازم للتأكيـد مـن أن قطعـة الزجاج في درجة حرارة واحدة ثم يبدأ بعدها التبريد التدريجي.

وقد أجرى أحد الباحثين في مجال تكنولوجيا الزجاج تجربة على نـوع مـن الزجاج نقطة تبريد Annealing point ٥٠٠م وكانت نتيجة التجربة كالآتي:

١- بقاء الزجاج عند درجة حرارة ٥٠٠م لمدة عشرين دقيقة.

٢- التبريد من ٥٠٠ إلى ٤٢٥ في زمن ٦٧ دقيقة.

٣- التبريـد من درجة ٤٢٥ إلى درجـة حرارة الطقـس العـادي فـي زمـن ٤٥دقيقة (سالم، ١٩٨٢م، ص ٨٩).

**الخواص الضوئية للزجاج:**

تعتبر الشفافية من الحالات الطبيعية للسوائل، لكن الشفافية نادرة في المـواد الصلبة وليست جميع أنواع الزجاج شفافة.

وترى إيمان ندا (١٩٩٧م) أنه:

" ليست جميع السوائل شفافة ويمكن القول أن الضوء يتكون من وحـدات مـن الطاقة تسمى فوتونات في صورة موجات كهرومغناطيسية، وحين توجه حزمـة على قطعة معدنية مثلاً فإن طاقة كل فوتون يمتصها المعـدن وتـستطيع هـذه الإلكترونات أن تمتص الضوء ثم تعيد إشعاعه مرة أخرى، ولهذا الـسبب فـإن المعدن يعكس الضوء الساقط عليه..

أما في حالة الزجاج فإن الإلكترونات ليست واحدة في الزجاج ولهذا لا يحـدث انعكاس مثل المعادن" (ص٢١).

كما يضيف نحاس (١٩٦٨م):

" أنه إذا امتص الزجاج جزءاً من الضوء عند لون معين، فإن الزجـاج يبـدو ملوناً مثل الزجاج الصوديوم، فيعطي لوناً ليمونياً خفيفاً، أما الزجاج البوتاسـي فإنه يعطي لوناً بنفسجياً خفيفاً، ويكسب الزجاج صقله وتنعيمـه سـطحاً أملـساً براقاً. كما يمتاز الزجاج بشفافية صافية متجانسة تمرر الأشعة الضوئية جميعها من فوق البنفسجية إلى تحت الحمراء، كما أنه له خاصية الاحتفاظ بالأشعة ذات التأثير الحراري، والمواد القلوية الموجودة في الزجاج بنـسبة كبيـرة وسـمك الزجاج يضعفان من الخواص الضوئية- كما أن الرصاص والبورات يزيدان من الخواص الضوئية ويتراوح معامل انكسار الزجاج ما بين ١,٤٦٧ إلـى ٢,١٧٩ ويبلغ أقصاه في الزجاج والرصاص ١,٥٠٧ إلى ٢,٤٧٩" (ص ٣٧- ٣٨).

**طرق تشكيل الزجاج:**

منـذ اكتشاف الزجاج وحتى الآن تنوعت طـرق تشكيل الزجاج التي عرفها ومارسها الإنسان و يذكر سالم (١٩٨٢) "أن هناك اختلاف وتنوع باختلاف العصر الزمني وأيضاً باختلاف المنتج المراد تشكيله" (ص ٩٠). وما يعنينا هنا هو تـشكيل الزجاج الملون المسطح باعتباره مادة أولية وخامة تستخدم في الزجاج المعشق.

وتصنيع هذا النوع من الزجاج مر بمراحل أكثرها بساطة وبدائية مـا كـان معروفاً قبل العصر الروماني من صب الزجاج المنصهر مباشرة في قالب مسطح. ثم أعقبه تطور آخر حيث كانت تصب عجينة الزجاج في مكان ما أعلى اسطوانتي "الدرفلة" حيث تدور كل من هاتين الاسطوانتين حول محورها في اتجـاه معـاكس للأخرى، وبمرور الزجاج من بينها يأخذ شكله المسطح المنتظم إلى حد ما، ثم يقطع في مرحلة تالية إلى المساحات المطلوبة.

وفي القرن الثامن عشر أصبح الزجاج يصب على سطح ملائم حيـث تمـر عليه اسطوانة معدنية تضغطه وتسطحه بالسمك المناسب وفي سنة ١٨٤٥ ابتكـرت ماكينات درفلة الزجاج، ولكنها أكثر تطوراً وسرعة من تلك التي سبق الإشارة إليها. وكان ذلك تمهيداً لتصنيع الزجاج بطريقة آلية تمامـاً وبإنتـاج كمـي للاسـتهلاك التجاري، وكل التعديلات التي أدخلت على طريقة سحب الزجاج وتشكيله للدرفلـة كانت محاولات مستمرة لتفادي العيوب الناتجة من التصنيع بهذه الكيفية وأهمها عدم انتظام السطح والتي أمكن التغلب عليها الآن.

والطريقة الرئيسية الأخرى في تشكيل الزجاج. وخصوصاً للأغراض الفنيـة هي التشكيل بالنفخ (شكل ١). والأساس في هذه الطريقـة كمـا يؤكـد (رينتينـز Reyntiens، ١٩٧٧م):

" أن يقوم العامل بغرس أنبوبة معدنية طولها حوالي ١٢٠سم، في الزجاج المنصهر في قوام العجين ليعلقَ بعنق الزجاج بطرف الأنبوبة، وينفخ الهواء من خلال الأنبوبة إلى قلب الزجاج.. فإنه يتمدد بشكل كروي. وبإدارة الأنبوبة أو تطويحها أو معالجتها ببعض الأدوات الخاصة وإعادة تسخينها..إلخ يمكن الحصول على أشكال متعـددة. وعادة ما يقوم عدة أفراد بإنجاز العمل في مثل هذا النوع من الورش، ومن بين هذه الأشكال لوحات الزجاج المسطحة الملونة " (ص٣٠). وكان إنتاجها يتم بواحدة مـن وسائل نفخ الزجاج التالية:

**أ- تشكيل أنبوبة زجاجية:**

يتم التخاص من قمتها وقلعها لتتحول إلى اسطوانة تحز من أولها إلى آخرها (شكل ٢) بالألماظة بكل طولها، ثم توضع في فرن مسطح حيث يكون الحز تجـاه سقف الفرن، ومع التسخين والمعالجة ببعض الأدوات البسيطة فـإن جوانـب هـذه الاسطوانة تتدلى من جانبيها لتستقر على أرضية الفرن، واستخدمت هذه الطريقة منذ أيام الرومان، وفي القرن التاسع عشر أمكن الحصول على اسطوانات ضخمة بهـذه الطريقة اليدوية يصل قطرها إلى متر واحد طولها حوالي ١٢م. ويطلق على هـذا النوع من الزجاج Sylinder or muff glass

**ب- تشكيل قرص الزجاج ويتم تنفيذه من خلال:**

نفخ كرة من الزجاج تفصل عن أنبوبة النفخ "الصفارة" عند حد معـين فـي الوقت الذي يكون فيه عامل آخر قد ثبتها على طرف قضيب معدني عنـد مركـز قاعدتها، ثم يعالجها بالإدارة والتسخين حتى تتحول إلى قرص يصل قطره إلى ١,٥م (شكل٣ ) ثم يفصل عن القضيب ويترك ليبرد. ونتيجة لهذه الطريقة في التشكيل فإن الزجاج في حواف القرص يكون أقل سمكاً وأكثر نقاء من مركزه. واسـتعمل هـذا النوع من الزجاج للنوافذ في القرنين السابع عشر والثامن عشر، أما أجزاء مركـز القرص السميكة والغير منتظمة فكانت تستعمل لزخرفة النوافذ في البيـوت الفقيـرة والريفية وبعض المباني العامة ويطلق على هذا النوع من الزجـاج اسـم Crown Glass (رينتينز، ١٩٧٧م، ص ص ٣٠- ٣١).

ج- أما الطريقة الثالثة لتشكيل الزجاج بالنفخ فقد استعملت في الورش الصغيرة فـي القرن التاسع عشر.. زمن إحياء تقاليد الزجاج المؤلف بالرصاص حينما كان يلـزم توفر زجاج غير منتظم السطح، وتبدو فيه قيمة الصنعة اليدوية، وللحـصول علـى الزجاج بهذه المميزات كان العامل ينفخ الزجاج الملون داخل قالب مـستطيل مـن معدن وله أربع جـوانب، فضـلاً عن قاعـدته، وبعـد أن يبـرد يحـز المستطيل الزجـاجي بطول جوانبه الأربعة ويفصلها عن القاعدة ليحصل على خمس قطع كل

**شكل رقم (١)**

**التشكيل بالنفـخ**

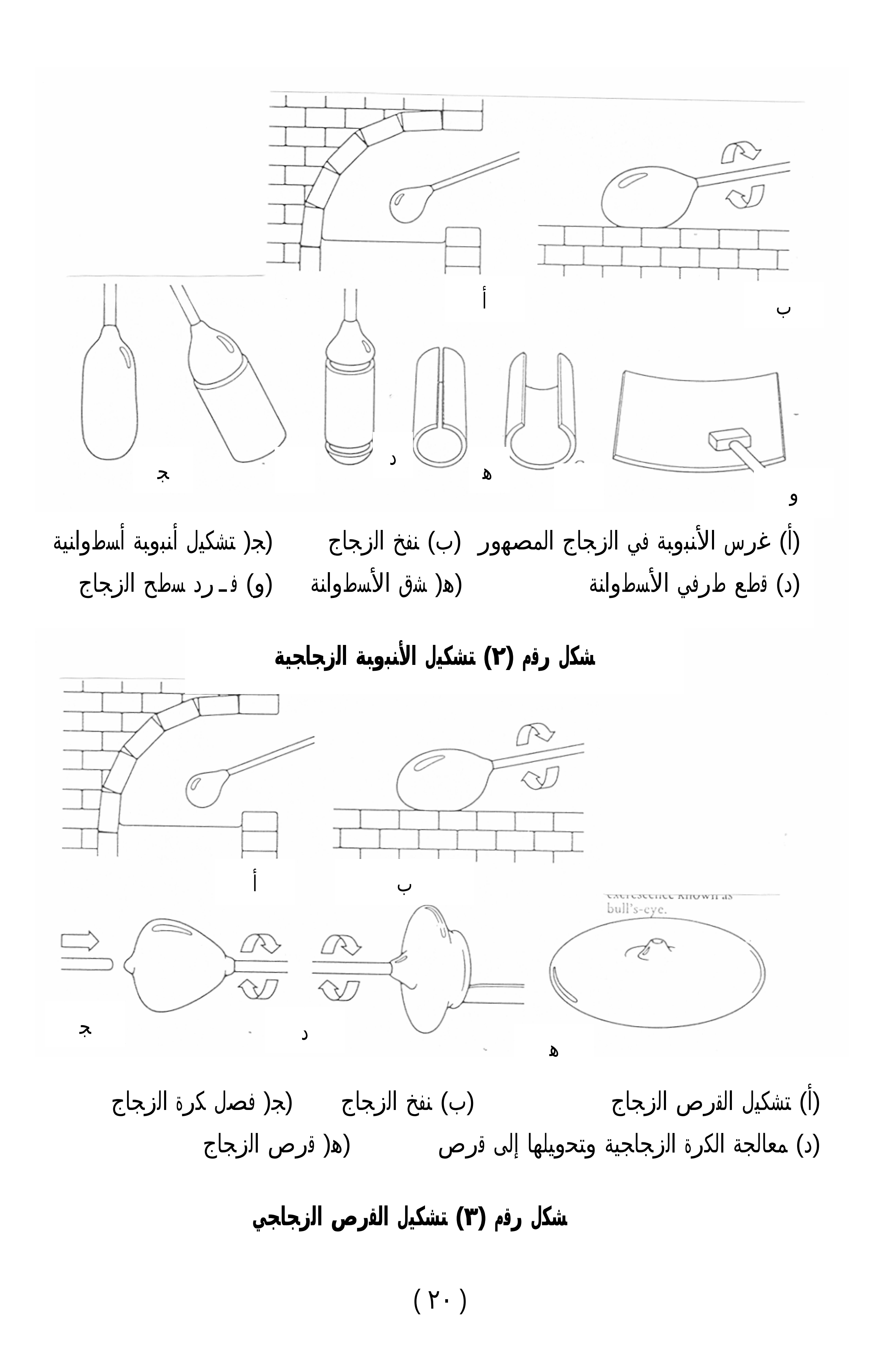


(أ) التشكيل بالنفخ للحصول على قرص زجاجي



(ب) التشكيل بالنفخ للحصول على أسطوانة زجاجية

عن زينتز باتريك (١٩٧٧م، ص٣٠)




(أ) غرس الأنبوبة في الزجاج المصهور (ب) نفخ الزجاج (جـ) تشكيل أنبوبة أسطوانية

(د) قطع طرفي الأسطوانة (هـ) شق الأسطوانة (و) فـرد سطح الزجاج

**شكل رقم (٢) تشكيل الأنبوبة الزجاجية**

(أ) تشكيل القرص الزجاج (ب) نفخ الزجاج (جـ) فصل كرة الزجاج

(د) معالجة الكرة الزجاجية وتحويلها إلى قرص (هـ) قرص الزجاج

**شكل رقم (٣) تشكيل القرص الزجاجي**

منها ١٢× ١٧ سم ولم يعد هذا النوع من الزجاج يستعمل أو يصنع فـي الوقـت الحاضر إلا بطلب خاص ويعرف هذا الزجاج باسم Norman slab

د- وأكثر أنواع الزجاج ثباتاً وشيوعاً في الاستعمال الفني ذلك النوع المعروف باسم الزجاج القديم ontique gless. وعرف إنتاجه في أوروبا في القرن التاسـع عـشر نتيجة للجهود التي بذلت والتجارب العديدة التي أجريت للتوصل إلى معرفة مـسمى الزجاج الملون القديم زجاج العصور الوسطى، وكان ذلك بتأثير من الحركة لإحياء الفنون القديمة في ذلك الوقت، وتتم طريقة تشكيله بعمل اسطوانة تعالج كمـا سـبق شرحه في طريقة تشكيل القرص الزجاجي، ولكن ما يميزه عن غيره قيمته اللونيـة وتعدد درجاتها، وأيضاً قيمته الملمسية نتيجة لإيجاد فقاقيع- متعمدة- داخل جـسمه لإضفاء ذلك الطابع القديم عليه.

وهناك اشتقاق من هذا النوع من الزجاج يعرف باسم الزجاج الفلاش Flashcl Glass

ويتم تشكيله بأن يأخذ العامل كمية صغيرة من عجينة الزجاج الملون بدرجـة قوية (عادة الأحمر- الأزرق والأخضر) عن طرق أنبوبة النفخ، ثم يغطيها بطبقـة من زجاج عديم اللون أو ملون تلويناً خفيفاً مرتين أو ثلاث مرات، وبـذلك يمكـن الحصول على زجاج سميك عديم اللون مغطى بطبقة رقيقة جداً من زجـاج ملـون تلويناً قوياً.. الذي يمكن إزالة أجزاء منها بالخدش أو الحفر بالحامض فـي بعـض الاستخدامات الفنية في الزجاج المؤلف بالرصاص، وكان اللون الأحمر هو الأكثـر استعمالاً كزجاج "فلاش" لأن أملاح النحاس تعطي لوناً قوياً ودرجة داكنة يمكـن أن تلغى شفافية الزجاج عند سمك معين (سالم، ١٩٨٢م، ص٩٣).

**أنواع الزجــــاج**:

هناك اختلافات هامة في أنواع الزجاج المستخدم في أعمال الزجاج المعـشق بالرصاص، وهي تقسم حسب أنواعها طبقاً لطريقة الصنع والتي تتـضمن الملمـس ودرجة الشفافية أو القتامة وأيضاً تميزها من حيث درجة اللون وتقسم كما يلي:

١- الزجاج القديم Antique Glass تتعدد أنواع الزجاج الملون التي تصلح لأعمال الزجاج المصبوغ وهي متنوعة من حيث اللون والشفافية والملمس، وأفضل أنواعها هو النوع الذي يطلق عليه القديم Antique، وعلى الرغم من التسمية فإن هذا الزجاج ليس قديماً بالمعنى الذي قد يتبادر إلى الذهن- أثرى- حيث أن مصدر التسمية يرجع إلى استمرار صناعته حتى الآن بالطريقة القديمة وهي طريقة النفخ على هيئة أنبوب في الزجاج المصهور؛ ليأخذ شكل زجاجة كبيرة وطويلة والتي تسوى بعد ذلك عند صفيانها، حيث يقطع الشكل الاسطواني الناتج عن تلك العملية طولياً ثم يسطح ويبرد، لذا نجد أن الزجاج الناتج لا يأخذ سمكاً متساوياً في كل الحالات؛ فهو يحتوي على عروق وتجعيدات وبعض الفقاقيع الهوائية مما يضفي على الضوء الذي ينبعث من خلاله تويعات جيدة.

٢- الزجاج الكاندرائي Cathedral Glass: وهو مصطلح يطلق على أنواع مختلفة من الزجاج الملون والمصنع آلياً ويأخذ شكل لفافات مسطحة Flat rolled ويكون ملمسها من جانب واحد في بعض الأحيان، ويطلق على بعض أنواع هذا الزجاج (ذات الحبيبات)، ذات الحبيبات الملفوفة، ذات النعومة المزدوجة. وكل هذه الأنواع لابد أن تقطع من الجانب الناعم، والزجاج الكتدرائي أقل من حيث الثمن من الزجاج القديم كما تتوفر منه درجات لونية متعددة.

٣- الزجاج الرقراق Opalescent Glass: وهو نوع من الزجاج النصف معتم أو ذو الشكل الأبيض أو الرخامي، واستخدم هذا النوع في أعمال الزجاج الذي يرجع للعصر الفيكتوري، وهو هشّ إلى حد ما، ويحتاج إلى المهارة في عملية القطع.

٤- الزجاج ذو البريق Flashed Glass: وتنطبق تلك التسمية على نوع من الزجاج يصبغ بطبقة رقيقة من اللون من جانب واحد، وذلك في المرحلة التي يكون فيها الزجاج سائلاً، وفي أعمال حفر الزجاج etching أو الرش بالرمل sandblast تُزال الطبقة الرفيعة الرقيقة الملونة؛ لتسمح للضوء الصافي بأن يظهر في التصميم، ويقطع هذا النوع من الزجاج من الجانب الشفاف.

٥- الزجاج Frosted Glass: وهو نوع من الزجاج المعتم له خاصـية امتـصاص الضوء وتستخدم في صناعته طريقة التسخين والتبريد علـى التـوالي، ويندر استعماله في الأعمال الفنية نظراً لأن معظم أنواعه تتطلب مهارة فـي القطـع بالإضافة إلى أنه باهظ الثمن (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢م، ص ص ٤٠- ٤١).

**مراحل تطور فن الزجاج الملون المؤلف بالرصاص Stained Glass:**

**المرحلة الأولى:-**

وتعد النماذج الأولى لهذا الفن كما يرى (زينهم، ١٩٩٥م):

أصبحت تتمثل في تقطيع الزجاج الملون قطّعاً صغيرة، كل لـون علـى حـدة حسب التصميم المعد وتوضع هذه القطع بجوار بعضها البعض على طبقة مـن الاسبيداج، بحيث تترك فراغات بين كل قطعة تخانات مختلفة كما يريد الفنـان، ثم يصهر الرصاص في بوتقة خاصة تصب علـى الحـشوة المعـدة فيجـري الرصاص وهو منصهر بين الفراغات التي قام الفنان المنفذ بتركها بـين قطـع الزجاج؛ حتى يحيط بكل قطعة من قطع الزجاج ثم يترك بعد ذلـك فتـرة مـن الوقت حتى يتم تبريده، وتزال قطع الرصاص الزائدة بعد ذلك وينظـف جيـداً، غير أن هذا العمل قد يعرض قطع الزجاج للكسر؛ حيث أن الزجاج فـي هـذه الحالة يكون في درجة الحرارة العادية، أما الرصاص فيكون في درجة حـرارة الانصهار. وظلت هذه الطريقة- التي بدأ استخدامها في القرن التاسع الميلادي- مستمرة لعمل الزجاج المؤلف، إلى أن عرفت طريقة تجهيز أعواد الرصـاص، وذلك في نهاية القرن الثاني عشر من الميلاد" (ص٤٥).

ويضيف (سالم، ١٩٨٢م):

" إن هذا النوع من الزجاج المؤلف بالرصاص يقـوم علـى بنـاء التـصميم باستخدام قطع من الزجاج الملون وتجميعها بشرائط خاصة من الرصاص على هيئة حرف H ،ثم يثبت داخل هيكل معدني تحدد مساحة الفتحة المعمارية قمة استخدام هذه التقنية وازدهارها مرتبطاً بالعمارة القوطية التـي تحولـت فيهـا الجدران إلى فتحات عملاقة متتالية غطيت بالزجاج المؤلف بالرصاص" (ص٩٧).

وجوهر هذه التقنية كما يتحدد من خلال الأعمال الكلاسيكية أنه تصوير للزجاج وتصوير على الزجاج في نفس الوقت، وهو تحديد أساسي من حيث القيمـة الفنيـة يفرق بين أعمال احتفظت بهذا المفهوم عن غيرها من أعمال اسـتخدمت الزجـاج المؤلف بالرصاص أيضاً في مراحل تالية.

**<u>المرحلة الثانية</u>: وهي الفترة من القرن الرابع عشر:-**

كان للتغيرات الفكرية والروحية والاجتماعية التي سادت القرن الرابع عـشر الميلادي أكبر الأثر في تراجع المستوى الفني لتلك الفترة عن المستوى في الفترات السابقة نتيجة ضعف الوازع الديني وقلة الاهتمام بالموضوعات الدينيـة والاهتمـام بالعروش والمظلات والأبراج، وأفرغ الفنان اهتمامه في الإفراط في دراسة النباتات والأشكال الهندسية، وتميزت تلك الفترة عن الفترة السابقة بـأن نوافـذها أصـبحت خفيفة الوزن بسبب كبر مساحات جزئياتها وتقسيماتها الرأسية، حيث استعاض الفنان عن التقسيمات الفرضية بالسندات Saddel Bar، وهي عبارة عن قطع رفيعـة مـن الحديد المبروم تركّب أفقياً على مسافات متقاربة، كما تميزت تلك الفترة باسـتخدام الصبغة الصفراء Sitver Stains أو صبغة الفضة المخلوطة بمسحوق الكروم، وقـد ساعد انتشار الصبغة الصفراء في الخلفيات الهندسية الشفافة، ويعتبر أسلوب القـرن الرابع عشر مزيجاً من الفن القوطي والفرنسي والتأثيري الإيطالي، حتى أن الفنـان في تلك الفترة قد مزج بين تلك الفنون وبعضها (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٣٩).

**المرحلة الثالثة:-**

وتمتد من نهاية القرن الرابع عشر حتى نهاية القرن الخامس عـشر، وكانـت الموضوعات المنفذة بالزجاج في هذا القرن قد انصبت على النقل مـن الأيقونـات ونسخها في أغلب الأحيان، كما هبطت الروح الفنية والخيال الفني لـدى مـصوري الزجاج، وأخذت الروح الدينية يبحث عن معان جديدة للتعبير الفني، وكانت الأعمال

في ذلك الوقت توضح أن التصوير المبكر أو الإدراكي لدى مصوري الزجـاج لـم يغفل في هذه الفترة، خاصة بعد أن ساعد ارتفاع النوافـذ علـى تـدعيم العـروش والمظلات بمجموعة عن الأقواس والإشارات الرمزية التي تساعد على حـل تلـك المساحات، حيث كانت الأشخاص والقديسون غالباً ما يكون وضعهم في منتـصف الحشوة، وقلت الزخارف والنقوش التي كانت تستخدم في الخلفيـات والأرضـيات بحيث أنها أصبحت في أغلب الأحيان عبارة عن مستطيلات طويلة وعرضية خلف الأعمال والأشكال المنفذة في التصميم (زينهم، ١٩٩٥م، ص ص ٤٠- ٤١).

**زجاج عصر النهضة وما بعده** (( **القرن السادس عشر والسابع والثامن عـشر والتاسـع عـشر**)) **وينقسم إلى**:

**أ- زجاج القرن السادس عشر:عصر النهضة**

ظلت تلك الصناعة خاضعة للقوانين والتوجيهات من قبـل الكنيـسة ولكنهـا تطورت من حيث الاتجاه التقني، فأصبحت قطع الزجاج أكثر نعومة وأكبر حجمـاً وظهر الزجاج ذو الطبقتين الفلاش، بحيث أصبح الفنان يزيل الطبقة الملونـة عـن طريق الخدش ليظهر الطبقة الشفافة، وظلت الموضوعات على بساطتها، كما أقبـل الفنان على استخدام الملونات والأكاسيد والصبغات مما أدى إلى تقليد الطبيعة فـي طيات القماش واستدارة الأجسام والتشريح والظـل والنور مما جعل اللوحة مشابهة للوحات التصوير الزيتي، الأمـر الذي أفقد الزجـاج شفافيتـه (زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ص ٤١- ٤٢).

**ب- زجاج القرن السابع عشر:**

بعد ظهور صناعة التصوير بالملونات والطلاءات المعدنية على الزجاج ممـا أسعد نفوس رجال الدين في ذاك الوقت، فجعل الفنانون يندفعون إلى تقليد التـصوير الطبيعي على الزجاج، ولقد أفادت هذه الألوان بشكل خاص في الحشوات الـصغيرة

حيث لم تقم عملية التعشيق بإعطاء التفاصيل التي يرغب الفنان في عملها لإمكاناتها المحدودة (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٤٢).

**جـ- زجاج القرن الثامن عشر:**

وفي هذا القرن تم التوصل إلى صنع الزجاج الفلاش الأحمر بدرجاته المختلفة، كما تم أيضاً اكتشاف بعض الأحماض التي تساعد على تآكل الطبقة الملونة لتعطـي اللون الشفاف، وبعد التأكد من نجاح تلك التجارب التي بدأت تغزو أعمال هذه الفترة ظهرت بعض العائلات التي تعمل في مجال الزجاج المؤلف بالرصاص مثل عائلـة وليم والتي نفذت الشبابيك الخمس الموجودة في الجنوب في كنيسة الكلية الملكية في أكسفورد (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٤٣).

**د- زجاج القرن التاسع عشر:**

يطلق على هذا الزجاج الفيكتوري نسبة إلى الملكة فيكتوريا، والاهتمام الزائـد منها بالإصلاحات التي تمت في الكنائس القديمة والاهتمام الكبير بالعمارة القوطيـة، الأمر الذي جعل الإقبال يشتد على منفذي الزجاج في تلك الفترة مما جعل الفنـانون مصممي الزجاج يستعينون بتصوير العصور الوسطى (ص ٤٣).

**الزجاج في العصر الحديث والقرن العشرين**:

ودخولاً على عصرنا الحالي وقبل أن نودعه دخـولاً علـى القـرن الحـادي والعشرون، لم يرتبط فنان هذا العصر بالمباني الدينية بل عايش العمـارة الحديثـة، وقد استطاع الفنان أن يوجد الوحدة والتآلف بين التصوير والمسطحات في العمارة، وكان لكل فنان رؤية ووجهة نظر خاصة قد تشترك أو تختلف مع الفنانين في هـذا المجال، ولكنهم اشتركوا في دقة وجودة العمل -التقني- للزجاج المؤلف بالرصاص، والاستعانة بالعديد من الخامات الأخرى لتحل محل الرصاص في بعـض الأحيـان وخاصة في الواجهات المعمارية الكبيرة لكي تعطي الإحساس بالكتلة والـشكل فـي الواجهات المعمارية، وذلك عن طريق استخدام الحديد في التشكيل مع الزجاج فـي

بعض الأحيان وقد اهتم بعض الفنانون في مختلف الاتجاهات الفنية الحديثة كالمدارس الانطباعية والتكعيبية والتجريدية بهذا الفن وأعادوا إليه شبابه ونهضته ومن أهم هؤلاء الفنانين ماتيس وشاجال.

**فتحات النوافذ وتأثير الضوء:**

منذ بدأ الإنسان في إنشاء سكناه وهو يحرص كل الحرص على أن تصبح له علاقة قائمة بالطبيعة والفراغ الخارجي من خلال فتحات النوافذ، وتعتبر النافذة هي الوسيلة الأولى للتهوية والإضاءة داخل المسكن إلى جانب الأبواب وتختلف أنواع النوافذ وأشكالها باختلاف البيئة والغرض المطلوب تحقيقه منها.

**الضوء النافذ من فتحات النوافذ:**

تمدنا النوافذ على اختلاف أنواعها ومواقعها ومسطحاتها المختلفة بالإضاءة الطبيعية الداخلة للمكان، وتمدنا بالإضاءة أيضاً الفتحات ذات الطبيعة الخاصة مثل الشمسية، المنور، الشخشيخة، حيث أن الإضاءة تختلف من بيئة لأخرى ومن موقع لموقع ومن واجهة إلى أخرى، لذلك يجب أن تختلف معالجة فتحات النوافذ حسب البيئة والموقع والواجهة التي تقع فيها، ومن هنا من الأهمية فهم الاستراتيجيات الأساسية للإضاءة الطبيعية بالنسبة للنافذة والفتحات ذات الطبيعة الخاصة، وكذلك الوسائل المختلفة لحجب الضوء أو التحكم فيه بمعدلات إضاءة طبيعية تحقق الراحة البصرية، ولقد أراد فاساريللي أن يضرب مثلاً على إمكانية استخدام الأشياء ذات النفع المادي في العمارة من الناحية الجمالية، فاختار نوافذ المباني فهي مخصصة للإضاءة والتهوية إلا أنها إذا عولجت بلمسة من الفن شكلاً ومادة يمكن أن يكون لها وظيفة تشكيلية لا تقل أهمية عن وظيفتها المعمارية، ففي النهار تلقى ضوء ملوناً داخل المبنى حيث يركب فيها الزجاج الملون، أما في المساء فتصدر الضوء إلى الخارج بأشكالها المتنوعة وحركة الإضاءة المتغيرة نتيجة الإضاءة والإطفاء في الداخل (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص١٥١- ١٥٢).

ونلاحظ أن هذه النظرية تنطبق تماماً على الشمسيات والقمريات التي اتبعهـا الفنان المسلم، الذي استطاع بذكائه أن يتحكم في كمية الإضاءة بالاهتمام بالتناسـب بين مسطحات الزجاج الملون والجص في التصميم حسب كمية الضوء المراد تخلله داخل المكان، بشغل سطح الزجاج أغلب مساحة التصميم مما يساعد على نفاذ أكبر كمية من الضوء، وفي بعض الأحيان تتعادل مسطحات الزجاج مع الجص مما يقلل نسبياً من كمية الضوء وقد تغيب مساحة مسطحات الجص على التصميم مما يكـسر عن حدة الضوء ويضيف (فتحي، ١٩٧٧):

> "أن المهندس الأوروبي قد لجأ إلى عمل الجدران الزجاجية من أجـل الرؤيـة فاستخدمت الحوائط الزجاجية في العمارة الحديثة كحواجز شـفافة بـين داخـل المبنى للربط من الفراغ الداخلي والفراغ الخارجي، إلا أنه أغفل عامل الحرارة ولمعالجة هذا النقص ابتكر ما أسماه بكاسرات الشمس التي تعمل بألواح معدنية أو غيرها ولكنها تشع المزيد من الحرارة إلى الداخل" (ص٥٢).

**النافذة في العصور الإسلامية**:

أضفى التطور التقني في عصرنا الذي نعيش فيه أثره الواضح علـى عمـارة القرن العشرين فأمطر المتخصصين بوابل من خامات سابقة التجهيز "خاصـة فـي العمارة " قابلة للتطويع والتشكيل تناسب أغراض مختلفة كانت نتيجة توظيفها تأثرها بها شكلاً وأداء.

**العقيدة الدينية وأثرها في تصميم نافذة المسكن الإسلامي**:

إن الكثير من العناصر التي تميز العمارة الإسلامية يمكن فهمها علـى ضـوء الاعتبارات الثقافية الاجتماعية والتي هي من نتاج العقيدة الدينية.

فالبيت ورد في القرآن الكريم بمعنى السكن، وأراد القـرآن أن يحـدد للبيـت حرمته وخصوصيته. ﴿ **يا أيها الذين آمنوا لا تدخلوا بيوتـاً غيـر بيـوتكم حتـى تستأنسوا وتسلموا على أهلها ذلك خير لكم لعلكم تذكرون**﴾ [النور ج١٨- آية٢٧].

أما الأبنية العامة فالأمر يختلف ﴿ **ليس عليكم جناح أن تـدخلوا بيوتـاً غيـر مسكونة فيها متاع لكم وا يعلم ما تبدون وما تكتمون**﴾ [النورج ١٨ آية ٢٩].

وقد حدد الإسلام للمسلم طريقة معيشته وسلوكه وعلاقاته الاجتماعية وقد أثـر هذا بلا شك على تصميم مسكنه وعناصره المعمارية كما عدد العلاقات بـين هـذه العناصر وطريقة توزيعها، فالحديث الشريف يقول: **(أن رسول ا ﷺ قـال: إيـاكم والجلوس في الطرقات. فقالوا: يا رسول ا إنما هي مجالسنا نتحدث فيها، قـال: فإذا أبيتم إلا المجالس فاعطوا الطريق حقها فقالوا: وما حق الطريق؟ قال: غـض البصر، وكف الأذى، ورد السلام، والأمر بالمعروف).**

ومن هنا كان لابد للمسلم من الاتجاه للداخل، وعلى هذا ينبغي أن يتوفر عنـد تصميم المسكن الإسلامي تحقيق درجة عالية من الخصوصية للأسرة داخل مسكنها، ذلك مع توفير سبل الراحة والرفاهية والتهوية والإضـاءة اللازمـة وخـصوصية المسكن، وتنقسم تلك الخصوصية إلى نوعين: خـصوصية خارجيـة وخـصوصية داخلية، وتتمثل الخصوصية الخارجية في حماية المسكن من أعين وسمع الغربـاء، بحيث يصبح المسكن ككل وحدة مستورة ومصانة سواء من خلال حوائط المسكن أو أسواره أو فتحاته (أبواب، نوافذ)، ويؤثر هذا على التشكيل العام للمـسكن وتوجيـه كافة عناصره كالآتي:-

١- المسكن موجه إلى الداخل ٢- المسكن غير منظور داخله مـن الخـارج. (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٥٣- ١٥٤).

**فتحات النوافذ في المسكن الإسلامي:**

تعتبر النافذة أحد أنواع الفتحات في العمارة الداخلية وهي تفصل بـين البيئـة الداخلية والبيئة الخارجية، وهناك أنواع كثيرة من الفتحـات مثـل ملقـف الهـواء والشخشيخة والمنور، وهي بدورها تتعامل مع عوامل البيئة الخارجية مثل: الريـاح وأثرها على التهوية، الإشعاع الشمسي وأثره علـى البيئـة الحراريـة والـضوئية

بالداخل، وكان المعماري المسلم إلى جانب حرصه على تحقيق الفتحـات لوظائفهـا يحرص على إضافة قيمة فنية تشكيلية لكل عنصر من عناصر عمارته، ويتميز بعدم التماثل في مواضعها بالواجهة فنجد أنفسنا أمام تكوين تشكيلي رفيع، ولـيس أمـام واجهة بها فتحات متماثلة في مساحاتها ومواضعها أيا ما كـان النـشاط الممـارس خلفها، وأياً ما كان اتجاهها، كما في بعض النماذج للعمارة المعاصرة حيث التماثـل الممل تشكيلياً، والتشابه غير المنطقي وظيفياً للفتحات في الواجهات المختلفـة فـي المبنى الواحد ووظيفية مما وضحت بصمته على التـصميم الـداخلي والخـارجي للعمارة، ولعل أبرز تلك الخامات في صدد الحديث عن النوافذ الألومنيوم والزجـاج والراتنجات المختلفة. حيث أوجدت حلولاً كثيرة لم تحل من قبل (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ١٥٤).

ولقد تأثر بالتالي شكل النافذة تبعاً للتطور التقني والفكري والتنظيري الحـديث فتعدل مفهوم النافذة من مرورها للضوء والهواء فقط إلى أنها أصبحت وسيلة اتصال جماهيري، وأكثر من ذلك أن بعض الكتاب ربط بـين النافـذة وكوسـيلة اتـصال جماهيرية وبين التلفزيون كوسيلة اتصال وأوجد بينهما علاقة.

لكن لو أخذنا بتعريف الشباك وهو ما تشير إليه معظـم القـواميس العربيـة والأجنبية على أنه: "الفتحة النافذة في الجدار ووظيفتها إدخال النـور فـي النهـار وإدخال الهواء عند الحاجة إليه إلى القاعات المسكونة وإلى السكان الموجودين داخل الجدار" لأنه بذلك معنى شباك حتى شمل كل الفتحات التي لها نفس الوظائف حتـى عدت المشربية الإسلامية من ضمنها.

ومما سبق يتضح لنا أن النافذة قد زاد الاهتمام بها على النحو المقصود في كبر حجمها، فأصبحت غالباً ما تصل بين حائط وآخر من السقف إلى الأرض، ولم تعـد أهمية الفتحات في العمارة قاصرة على إدخال الضوء والهواء، بل تعدت ذلك إلـى تحقيق الصلة بين الفراغ الداخلي والخارجي والسماح لهذا الأخير بأن ينساب إلـى

الداخل في سهولة ويسر، وهو الأمر الذي بلغ مداه "بتحويل الجدران الداخلية إلـى غلاف زجاجي" أو مـسطح الزجـاج ممـا جعـل العمـارة توصـف بالـشفافية Trancperancy أحياناً والأثرية أو إنعدام أحياناً أخرى (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٥٤- ١٥٥).

**دور اللون داخل مسطحات الزجاج:**

من المعروف أن الزجاج الأبيض الشفاف المسطح يتكون من صهر مخلوط من الرمل والحجر الجيري والصودا، وإنه مهما كانت طرق التنقية فإن الزجاج النـاتج يحتوي على نسبة معينة من أكسيد الحديد الذي يسبب اللون الأخضر للزجاج المنتج وترى (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، عن عبد الواحد) أن هذه النسبة تتراوح ما بـين ٠,١٢% إلى ٠,١٧% مما يتسبب عنها ما يلي:

أ- إذا كان الزجاج ملوناً فإنه من المعروف أن الزجاج الملـون يمـتص كـل الضوء الساقط ما عدا اللون الموجود في الزجاج نفسه وهـذا يـسبب امتـصاص الزجاج لجزء كبير جداً من الضوء يعتمد على لون الزجاج نفسه.

ب- أن الأشعة تحت الحمراء التي تسبب الشعور بالحرارة يمتص جزء كبيـر منها خلال مرورها في اللوح الزجاجي وينشأ عن هذا عدم الشعور بـالحرارة بعـد نافذية الضوء خلال الزجاج.

ج- أيضاً من المعروف أن زاوية السقوط للضوء على سطح زجاجي تـساوي زاوية الانعكاس، فإذا كان اللوح أملس فإن جزءاً كبيراً من الضوء ينفذ خلال اللوح الزجاجي وجزء آخر يمتص، وإن هذا الجزء الممتص يتناسب طردياً مـع سـمك اللوح الزجاجي، أما إذا كان اللوح خشناً فإن زاوية السقوط في بعض الأحيان تصل إلى الزاوية الحرجة، مما يتسبب عنها أن الضوء الساقط ينقسم إلى ثلاثـة أجـزاء، جزءاً منها ينعكس كلياً والآخر يمتص خلال الزجاج، أما الثالث ينفذ خلال الزجـاج

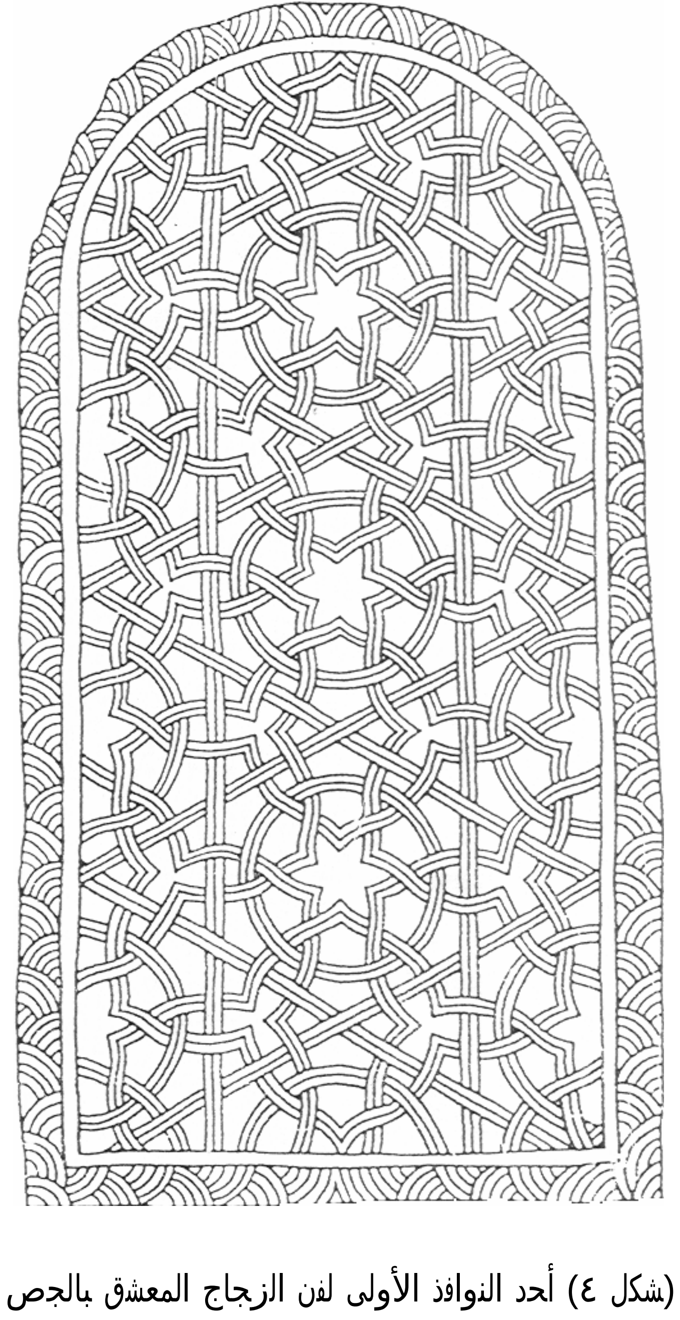
وهذا يشاهد بشكل كبير في الزجاج المصنفر، فإنه ينشأ عنه بعض الظـلال خـلال نفاذية الضـوء منها تصـل إلى درجة الإظلام عندما يكون السطح خشناً بدرجـة كبيرة (ص ص ١٥٥- ١٥٦).

**الزجاج المؤلف بالجص:**

**النوافذ ذات الزخارف المفرغة:**

تعد الشمسيات والقماري من الظواهر الزخرفية التي انتـشرت فـي العمـارة الإسلامية وصارت من مميزاتها البارزة، واستخدم هذا التوليف بين الجص والزجاج على يد المسلمين ولاسيما في مصر فيما يسمونه بالقماري والشمسيات، وهي عبارة عن نافذة صغيرة من الجص المفرغ سددت فتحاتها بزجاج ملون باستخدام العناصر الزخرفية، من النباتات والطيور والرسـوم المعماريـة أو الهندسـية أو الكتابـات الإسلامية لمعالجة الأجزاء العليا من حوائط المساجد فإذا سقط عليها الـضوء مـن الخارج نفذ يدخل المسجد بأضواء ملونة من خلال الزجاج الشفاف الملـون محـدثاً جواً روحياً شاعرياً للمكان (شكل ٤) وربما كان هذا التأثير الشاعري الـساقط مـن أعلى، هو سبب إطلاق اسم القمريات على هذا النوع من النوافذ التي كانت مهمتهـا تخفيف حدة الضوء إلى جانب إعطاء ذلك التأثير البديع.

وتعرف تلك النوافذ بالقماري إذا كانت مستديرة الشكل، وبالشمسية إذا كانـت على غير شكل الدائرة، وابتكرت لأغراض متعددة منها الدافع لتخفيف حدة الـضوء في العمارة الإسلامية، وهناك غرضاً وظيفياً آخر هو تخفيف الثقـل النـاتج علـى الأرجل، حيث نرى المسجد الطولوني فوق كل دعامة فيما بين ثقل القوسين طاقـة صغيرة، عقدها الستيني من طراز الأقواس الكبيرة ترتفع نهاياتها على ثقل القوسين الكبيرين، والغرض من تلك الطاقات تخفيف الثقل على الأرجل وإيجاد شكل جمالي في تقاطع البناء.



(شكل ٤) أحد النوافذ الأولى لفن الزجاج المعشق بالجص

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٨٢

ولقد أخذ البناؤن المسلمون عن البيزنطيين فكرة وضع قطع صغيرة مـن الزجـاج الملون متجاورة في إطار من الألواح الرخامية المفرغة، ولكن المسلمين باسـتخدام الجص بدلاً من الألواح الزخامية أتاح لهم مزيداً من الحرية في التشكيل، تمكنوا من خلالها من إنتاج عدد وافر من التصميمات الزخرفية، وتمـر اللوحـات الجـصية بأصول تقنية معروفة لإنجاز الشكل، ويتضح من تلك النوافذ أنهم كانوا على درايـة تامة بأصول التقنية بحيث تفي بالغرض المطلوب من هذا يتضح أن الزجاج المؤلف بالجص يختلف تقنياً عن الزجاج المؤلف بالرصاص وكلاهما يعالج خلق بيئة داخل وخارج العمارة وتهيئة لجو روحي.

**أولاً: الزجاج الملون المؤلف بالجبس:**

يعد الزجاج المؤلف الجبس هو تطور للتأليف بالخشب أو مخرمـات الحجـر الذي كان معروفاً في العمارة المسيحية المبكـرة، حيـث أخـذه المـسلمون عـن البيزنطيين، ويضيف (سالم، ١٩٨٢م) "أن المسلمون أبدعوا في تلك التقنية من خلال تلك التكوينات الأصلية، التي تقوم على استعمال الوحدات الهندسية والبنائية في شكل يتوازى فيه تأثير الخطوط –من الجبس- مع قطع الزجاج الملـون (ص٩٦) ومـن النماذج المبكرة لاستخدام هذه التقنية في العالم الإسلامي يضيف (سالم، ١٩٨٢)

> " تلك الأعمال التي عثر عليها في قصر الخليفة الأموي هشام بن عبـد الملـك المتوفي في ٧٤٣م في (خربة المفجر) بالأردن، وقد تواصل استعمال هذه التقنية حيث لاقت نجاحاً خاصاً في مصر خلال القرنين الثاني عشر والثالـث عـشر الميلادي ويطلق على هذا النوع من الزخرفة الإسلامية اسم القمريات، وربمـا كان هذا التأثير الشاعري الساقط من أعلى هو سبب إطلاق اسم القمريات علـى هذا النوع من النوافذ، التي كانت مهمتها تخفيف حدة الضوء إلى جانب إعطـاء ذلك التأثير البديع" (ص٩٦).

ويجدر بنا أن نتعرض للغرض الذي تستخدم فيه هذه النوعية من الأعمال الفنية الزجاجية حيث ترتبط تلك التقنية بالعمارة والفتحات المعمارية العمـارة الإسـلامية

والعربية على مختلف طرزها ودولها، والعمارة بصفة عامة خاصة الإسلامية ليست منعزلة كعلم وفن عن حياة الإنسان وعما يشكل بداخلها وعلاقتها بالخارج، في عضوية ووحدة فنية تعكس ثقافة وبيئة هذه البقعة زمانياً ومكانياً من معتقدات دينية وعادات اجتماعية، تختلف من مجتمع لآخر وكذلك يختلف غرض كل مبنى حسب الوظيفة التي يؤديها، فالمسجد يختلف عن المنزل والنادي والمستشفى في كل من الشكل والوظيفة رغم أن الأسس الإنشائية العلمية لأي منهم ليست محل خلاف.

ودائماً يتبادر إلى الذهن عند ذكر القمريات والشمسيات عبر التاريخ والعمارة الإسلامية التي ترتبط بها هذه التقنية، والقمريات والشمسيات أحد العناصر البارزة في المباني العربية والإسلامية والتي وظفها الفنان لإيجاد علاقة تجمع ما بين القيمة الجمالية والنفعية، فإحدى وظائفها منع الحشرات التي تتسلل من خارج المبنى إلى داخله، وهي بهذا تحقق مبدأ أمنياً يتعلق بحياة الإنسان كما أنها ترشد كم الضوء الداخل إلى المكان، وتمنع الأتربة ومتغيرات الرياح وهبات الهواء على مدار العام وهي تخفف الأحمال على الأعمدة الحاملة للعقود.

ومن هذا يتضح أن لها قيمة وظيفية أساسية نفعية إلى جانب القيمة الجمالية التي تتصل بالإنشاء من جانب وتتصل بالتصميم الداخلي للمكان من جانب آخر غير مغفلة للجوانب الروحية بما تعطيه من سكينه وروحانية للمكان.

**الاعتبارات التقنية:**

أول ما يقوم به الفنان والمصمم تجاه تنفيذ هذه التقنية دراسة المكان دراسة جيدة، حيث أن ارتفاع الحشوة عن مستوى النظر له دراسة علمية لزاوية حفر القمرية أو الشمسية، فزاوية الحفر للشمسية في مستوى النظر تختلف عنها في حالة ارتفاع الفتحة لثمانية أمتار أو أكثر، حيث يراعى ذلك عند حسابات التصميم كما يضيف (زينهم، ١٩٩٥م) أن عدم مراعاة ذلك يسبب عدم رؤية فتحات الزجاج الملون المتألفة بل تشاهدها العينان بلاطة معتمة من الجبس، ويرى الباحث أن زاوية

الحفر في بلاطة الجبس يمثل أهمية في تحديد زاوية الضوء الساقط في داخل المكان كلما ارتفعت الحشوة ونخلص إلى أن كل مبنى يفرض على المصمم بعض العناصر كما يرى (زينهم، ١٩٩٥م) أنه يتحتم على المصمم أن يراعي اختيار العناصر بحيث تكون ملائمة لمعتقدات وعادات ووظيفية المكان، وموقع الفتحة وكذلك البيئة المحيطة بالعمل (ص٩٥).

**تاريخ نشأة تقنية الزجاج المؤلف بالجص**:

بحث فناني الزجاج عن التوافق بين كل من الخامة والمناخ في الشرق والغرب على السواء، فبينما نرى انتشار القمريات والشمسيات في الشرق، نجد انتشار استخدام الرصاص في الغرب.

وهذا يؤكد التوافق بين كل من الخامة والمناخ في الشرق والغرب حيث أن معدن الرصاص مقاوماً متغيرات البيئة الأوروبية من الرياح والأمطار والمستمرة مما لا يؤثر عليه من حيث التمدد، الأمر الذي نرى معه ندرة هذه التقنية في الشرق قديماً نظراً للآثار الجانبية التي تحدث من تغير في الشكل أهمها الانبعاج.

وبعد أن تمكن الفنان من التغلب على العوامل البيئية المناخية وتوافق الخامة معها، فإن انتقاء واختيار العناصر أيضاً مع المكان له تأثير أيضاً على تصميم موضوع الفتحات المعمارية العربية الإسلامية، حيث تحث العقيدة الإسلامية السمحة على ضرورة الالتزام باستخدام المجردات من العناصر الهندسية والمعمارية، وأحياناً النباتية إلى جانب الكتابات والبعد عن التشخيص والمحاكاة وما فيه روح مثل الطيور والحيوان والإنسان، ووضع هذه العناصر في غير دور العبادة.

وعلى العكس من ذلك فإن كنائس الغرب تهتم بإبراز القصص الديني من الإنجيل وتصوير القديسين مستخدمين في ذلك التشخيص دون حساسية، ومن هنا نرى أن العناصر واختيارها تختلف من مكان إلى مكان ومن زمان إلى زمان ومن ديانة إلى أخرى.

ولقد كان ابتكار هذه الشمسيات والقمريات بدافع من الرغبة في تخفيـف حـدة الضوء في القصور التي شيدها الخلفاء بالشام، ثم استعملت في المساجد ذات الصحن المكشوف للغرض نفسه ثم انتشر هذا النوع من الشبابيك في العمائر الدينية، وتعرف هذه الشبابيك عادة باسم القمرية إذا كانت مستديرة الشكل وباسم الشمسية إذا كانـت غير مستديرة.

ولقد صنعت تلك الحشوات أحياناً من ألواح من الحجر والرخـام أو الجـص، وزخرفت بتفريغ الزخارف فيها وكانت زخارفها هندسية في أول الأمر ثم تخللتهـا النباتية والكتابية، وطورت تلك الألواح المفرغة بوضع قطع من الزجـاج الملـون سدت بها الأجزاء المفرغة فبرزت زخارفها وجمال تكوينها، ويبدو ذلك واضحاً إذا شوهدت من داخل المبنى وتمثل مادة الجص أو الجبس Gypsum الهيكل الأساسـي للنافذة (إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص ص ١٢٦- ١٢٧).

**مكونات الجص (الجبس):**

على الرغم من أن الجبس يوجد في الغالب على صورة كتل مبعثرة تتألف من بلورات مجمعة بلا نظام ولا تبدي في النحت نفعاً بالكلية فإنه يوجـد أيـضاً علـى صورة مدمجة شبيهة بالصخر، ويتكون الجص كيميائيـاً مـن كبريتـات الكالـسيوم Hydrated Calcium Sulphatic ورمزها ($CaSo_4$ $2H_2O$) ويحتـوي علـى ٣٢,٥% أكسيد الكالسيوم ، ٤٦,٦٤% ثالث أكسيد الكبريت علاوة على ٢٠,٩% ماء، وكثيراً ما يوجد الجبس مختلطاً مع الأنهيدريت في نفس الرواسب بدرجات متفاوتة.

والأنهيدريت عبـارة عن كبريتـات الكالسيوم، ويتكـون من أكسيد الكالسيوم و٥٨,٨% ثالث أكسيد الكبريت.

والجص النقي أبيض اللون، ولكنه غالباً ما يكون رمادياً أو تشوبه درجة من اللون الأحمر أو البني لوجود شوائب. فهو لا يكون نقياً أبداً عند استخراجه بل يحتوي على نسب متباينة من كربونات الكالسيوم ورمل الكوارتز مع مقادير صغيرة من أكاسيد الحديد والألومنيوم.. إلخ، لذا يحرق الجبس أو الجص عند درجة حرارة تتراوح بين 100°م- 200°م غير أنه يحتفظ بالحرارة في الغالب عند درجة حرارة 130° م، وهي درجة تدرك بسرعة وليست بالارتفاع الكافي لتحويله من كربونات كالسيوم إلى جير حي.

والجبس كبير الشبه في مظهره بالمرمر (الكلسيت Calcite) الذي هو عبارة عن كربونات كالسيوم وكثيراً ما يسمى الجبس مرمرا، والجبس أكثر ليونة من المرمر (Calcite) فيمكن خدشه بظفر الإصبع في حين أنه لا يمكن خدش المرمر بأي مادة أقل صلابة من الفولاذ أما النوع اللامائي من كبريتات الكالسيوم وهو (الأندريت) فصلابته تقرب من صلابة الكلسيت (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ص ١٦١- ١٦٢).

**أنواع الجبس**:

**أ- الجبس الطبي:**

ويتم استعماله في الأغراض الطبية ومن أنواعه (جبس سريع الشك- متوسط الشك- وبطئ الشك)، ويمر جميعه في المنخل القياسي وأزمنة الشك* مختلفة حسب النوع، ويسمى الجبس المندمج Compact من حبيبات دقيقة باسم الألبستر Alabaster وفي إنجلترا يسمى الجبس باسم حجر الملاط Plaster Stone ونظراً لاستخدامه في الأواني Potteries لعمل القوالب Molds فيسمى حجر الأواني Potter’s stone.

* يقصد بزمن الشك الفترة الزمنية اللازمة لتحول الجبس بعد خلطه بالماء من الحالة السائلة إلى حالة الصلابة.

ولقد تطور استخدام الجص في إنجلترا على يـد المهنـدس بيـركن هـاوراد فاستخدمه في الواجهات الداخلية والخارجية بدلاً من البلاطات الخرسانية على هيئـة بلاطات وحدات زخرفية، فأعطت تنوعاً وتعبيراً على مقاييس أوسع مـن طريقـة الركام المكشوف وقد تطور هذا الاتجاه في إنجلترا وأوروبا وأمريكا بإنتاج وحـدات زخرفية جاهزة تجارياً.

أما في إيطاليا وخلال عصر النهضة Renaissance عرفت طريقة سجرا فيتـو Sgraffito وهي نوعية خاصة من أعمال التلييس عالية القيمة الزخرفية ويـتلخص هذا التكنيك في إجراء طبقتين إلى ثلاثة طبقات رقيقة من التلييس بألوان مختلفة ثـم تقطع مساحات خاصة بعمق واحداً لاثنين لإعطاء تشكيل تاويني ثلاثي الإحداثيات.

**ب- جبس المصيص:**

ويمكن تصنيعه على درجتين (سريع الشك أو بطيء الشك) وبنـوعين ناصـع البياض أو رمادي، النعومة يمر جميع الجبس في المنخل القياسي ولا يبقى منه سوى ٤% من وزنه، زمن الشك ما بين ٢٠ إلى ٤٠دقيقة.

**جـ- جبس تشكيلي Modeling Gypsum:**

وهو جبس بطيء الشك يستعمله الفنان لعمل التماثيل ممهداً لعمل تمثاله الخاص من الرخام كما يستعمل في أعمال الديكور (الكرانيش وحليات الحوائط)، ويكتـسب درجة نعومته يمر من خلال المنخل القياسي ولا يبقى أكثر من ١٠%، وزمن الشك لا يقل عن ٢٠ ولا يزيد عن ٤٠ دقيقة (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ١٦٣).

**أماكن توافر الجبس ( الجص):**

تنتشر محاجر استخراج مادة الجبس من المقاطع الجبلية، وهي عديدة ومنتشرة في طبقات من الحجر الجيري، على صورة تركيب صخري، خـام الجـبس مـادة طبيعية تختلف إلى درجات في لونها وتركيبها، ومن ثم في درجة جودتهـا فيوجـد

اللون الأبيض ودرجات منه تميل إلى الغامق أو البني الفاتح أو الأزرق، وهو النوع الجيد بالنسبة للأنواع الأخرى، من حيث صفاء لونه بعد الحرق وقابليتـه للتـشغيل ومتانته بعد الاستعمال، ويتولى أعمال استخراج الأحجار المتعهد للجبـل، بواسـطة الحفارات اليدوية الهزازة، وإعداد من العمال والشاحنات بحيث يتم نقـل الأحجـار باتجاه الأفران "المحارق". ويتواجد الجبس في منطقة نجد وفـي جميـع المنـاطق بالمملكة العربية السعودية، كما تعرف عليه سكان القرى وانتشر بينهم واسـتخدموه في تجميل منازلهم ومساجدهم.

**تفاعـل الصلب**:

يقول (زينهم، ١٩٩٥) " أن جميع المستحضرات الجبسية تعطي نفس التفاعـل عند مزجها مع الماء لأنها تتكون من كبريتات الكالسيوم منزوعة الماء تتحول إلـى كبريتات الكالسيوم المائية وبإضافة الماء يرافق هذا التفاعل الذي هو عكس تفاعـل التحضير مقداراً محسوساً من الحرارة يبلغ°20م" (ص ٧٠).

$$CaSo_4\ ½\ H_2O + H_2\ O_2 \qquad CaCO_4 + ½\ H_2\ O + H_2C_2 + Heat$$

ففي بداية التفاعل تتكون بلورات صغيرة تنمو تدريجياً وتكبر في البداية علـى هيئة عجينة يسهل تكييفها وتشكيلها ثم تنفش تدريجياً.

**زمـن التصلب**:

إن الوقت الذي تمر به هذه العملية الكيميائية اعتباراً من لحظة بـدء المـزج وحتى تصاب الكتلة، ويسمى زمن أو وقت التصاب Setting time ولتوضيح وقـت التصاب يمكن تقسيمه إلى مرحلتين:

١- وقت التصاب الأولي Intial setting time

٢- وقت التصاب النهائي Final setting time

ويمثل زمن التصاب الأولي لمستحضرات الجبس زمن العمـل (Working time) والذي نستطيع فيه استعمال المـزيج وصـبه وتـشكيله دون أن يتفتـت، وطبقـاً للمواصفات العالمية فإن زمن التصلب الأولي يكون بين ٧- ١٣ دقيقـة مـن بـدء المزيج، أما زمن التصلب النهائي فهو الوقت الذي نستطيع عنده فصل المزيج مـن الطبعة دون تشوه أو تكسره، والذي عنده ينتهي التفاعل الكيميائي علمياً، ومن خلال التجربة يجب عدم فصل القالب عن النسخة قبل أن تمضي فترة تتـراوح ٤٥- ٥٥ دقيقة.

تبين مما سبق أن جميع المستحضرات الجبسية لا تختلف عن بعضها كيميائيـاً فجمعيها كبريتات كالسيوم، وتتفاعل مع نفس الكمية من الماء غير أنها تختلف عـن بعضها فيزيقياً، ومن الناحية النظرية فإن كل ١٠٠جم من كبريتات الكالسيوم وحيدة الماء تحتاج إلى ١٨,٦سم من الماء، وبهذا تكون نسبة الماء إلى المـسحوق ٠,١٨٦% غير أن هذه النسبة ليست كذلك من الناحية العملية إذ تتـراوح بـين ٠,٤٥- ٠,٥٥ للجبس السني و٠,٣٠ – ٠,٣٥ للجبس الحجـري الـسني و٠,٢٠- ٠,٢٥ للجـبس الحجري المحسن، وتأتي النسبة من زيادة استعمال الماء عن الكمية المطلوبة لإنجاز التفاعل الكيميائي وتعرف بالماء الزائد، ويعمل هذا الماء الزائد على ترطيب دقـائق مسحوق كبيرتات الكالسيوم وحيدة الماء مما يمكنها من التفاعل وتكـون البلـورات مضاعفة الماء، وتمثل كمية الماء الزائد المطلوب لمزج مسحوق كبريتات الكالسيوم أحادية الماء وتتوقف على حجم وشكل ونفاذية البلورات، فالبلورات غير المنظمـة الشكل والنفاذية تتطلب ماء أكثر من البلورات المنتظمة وغير النفيذة والكثيفة، لهـذا السبب يحتاج الجبس السني مـاء أكثر من الجبس الحجـري المحـسن (زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ص ٧١- ٧٢).

**العوامل المؤثرة على وقت وزمن التصلب:**

هناك ثلاثـة طرق نستطيع بها التحكم في وقـت التصلب أوردهـا (زيـنهم ١٩٩٥) كما يلي:

١- زيادة أو نقصان حاصل إذابة كبريتات الكالسيوم أحادية الماء فإذا زادت الإذابة ذاد معدل الجبسين للبلورات والعكس صحيح.

٢- زيادة أو نقصان عدد نوى التبلور، فزيادة النوى تؤدي إلى زيادة تكون بلورات الجبسين والعكس صحيح.

٣- زيادة أو نقصان معدل نمو البلورات، فزيادتها تعني تعجيل زمن التصلب، إمـا عملياً فالتحكم يتأثر إما بتركيب الفيزيائي أو الكيميائي للمستحضر الجبـسي أو بطريقة استعماله. (ص٧٢).

وبالإضافة إلى ما سبق فإن هناك مجموعة عناصر لها تأثيرها علـى عمليـة التصلب يمكن أن نجملها فيما يلي:

- **الشوائب Impurities**

وتمثل كما يـرى زيـنهم (١٩٩٥م) " الـشوائب المتخلفـة نتيجـة التكلـيس Calcination غير الكامـل للجبـسين أو ذلـك الجبـسين الـذي يـضيفه منتجـو المستحضرات الجبسية، وتعمل على إنقاص زمن التصلب لأنها تؤدي إلى زيادة في نوى التبلور الكامنة مما يزيد في مراكز التبلور" (ص٧٢).

- **النعومة Fineness**

وبدراسة المستحضرات الجبسية وخاصية النعومة كما أوردها (زينهم، ١٩٩٥م):

" تدل على أنه إذا أصبحت شديدة النعومة لأسرع تصلبها عما هـو مـألوف، والسبب هو أنه كلما زادت النعومة يزداد مقدار انحلال المستحضر الجبسي في الماء لازدياد سطح التماس بين جزئيات الجبس والماء وبالتالي يزداد عدد مراكز التبلور في الكتلة الجبسية، فيسرع التصلب" ص٧٢.

- **زمن المزج ومعدله Mixing time and Rat**

ويضيف (زينهم، ١٩٩٥):

" أن وقت المزج ومعدله يتناسبان عكسياً مع زمن التصلب إذا ما استمر المزج لفترة أطول من الفترة الزمنية المحددة للمزج، والتي تتراوح عادة بين الدقيقة الواحدة والدقيقة ونصف، فإن وقت التصلب سينقضي، لأن تجاوز وقت المزج ومعدله يحطم التراكيب البلورية المتكونة لتوها، مما يهيأ نوى إضافية تشترك من جديد في التفاعل فتسرعه، وبذا تتصلب العجينة بوقت أقصر من الوقت المقرر لها، لهذا يجب أن يراعى التقني أن لا يسهو فيبقي مسترسلاً بالمزج بسرعة غير اعتيادية لتلافي تصلب العجينة قبل وقت استعمالها" (ص ٧٣).

- **حرارة الماء Water temprature**

بعد تفاعل مسحوق الجبس مع الماء كأي تفاعل كيميائي آخر كما عرض (زينهم، ١٩٩٥م)"

"يتأثر بالحرارة سواء حرارة الماء المستعمل أو حرارة الجو وقد لوحظ أن سرعة التفاعل تزداد قليلاً عندما ترتفع درجة المزيج إلى ٣٠° م وبذلك يقل زمن التصلب، لكن تحصيل تغيرات طفيفة بين °30- ٥٠° م، أما إذا ارتفعت درجة الحرارة فوق ٥٠° م فيحدث العكس إذ يقل التفاعل ويطول زمن التصلب، أما إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٥° م فلا يلاحظ أي تفاعل، وهذا التأثر بالحرارة يؤثر على المزيج" (ص ٧٣).

**أعمال الزجاج الملون المعشق بالجص**:

يشترط في التصميم المعد للتنفيذ في الزجاج الملون المعشق بالجص عدة شروط هامة ينبغي أن يراعيها الفنان القائم على التنفيذ وتعرضها (هويدا عبد الغفار، ١٩٩٩م) كما يلي:

١- تحضير التصميم المطلوب بالحجم الطبيعي فوق المساحة المناسبة من أوراق الشفاف- الكالك- بحيث يتحاشى الفنان الزوايا الحادة (إلا في حالة توفر المعدات الحديثة التي تنجز قطع الزوايا الحادة في الزجاج بدون أي صعوبات).

٢- يتحاشى الفنان رسم التفاصيل الدقيقة في المشروع حيث يصعب تقطيـع قطـع صغيرة، كما يصعب تعشيق قطع الزجاج الصغيرة.

٣- يحول كل خط منفرد في التصميم إلى خط مزدوج بالإضافة خطين إليـه كـل واحد في جهة من الجهتين، بحيث تكون عروض الأشرطة متناسبة مـع حجـم القطع الزجاجية المحصورة بداخلها بمعنى أن قطع الزجاج الـصغيرة تكـون أشرطتها صغيرة وقطع الزجاج الكبيرة تكون عروض أشرطتها كبيـرة، أمـا الإطار المحيط بالعمل فيكون أكثر عرضاً حتى يتحمل ثقـل المـشروع، كمـا يراعى أن تكون وحدات التصميم متصلة ببعضها البعض ومتـصلة بالإطـار المرسوم حوله (ص ١٦٩- ١٧٠).

**العدد والأدوات المستخدمة في عملية حشوه الزجاج المؤلف بالجص:**

أغاب العدد المستخدمة في هذه التقنية عدداً يدوية معدة لهذا العمل وتلك الأدوات تجملها (إيمان ندا، ١٩٩٧م) فيما يلي:

١- أوعية لخلط الجبس والماء يمكن أن تكون ذات مقاسات محددة ومعروفـة لـه بحيث يتم حساب كمية الماء (شكل ٥) والجص بالمعايير حتى تكون مناسبة عند عجنها.

٢- أقلام التحديد والترميم: وهي عبارة عن مجموعة من الأدوات المعدنية تستعمل لتحديد وحز التصميم على بلاطة الجبس، وهي أيـضاً تـستعمل فـي عمليـة التشطيب والترميم نتيجة وجود بعض الفراغات أو الفقاقيع أثناء صب البلاطـة الجصية، وهذه الأدوات أما أن يكون جسمها كله من المعدن أو لها يد خـشبية تمسك بها، والغالب منها يمسك من أوسطة حتـى تـتمكن اليـد مـن القـبض والإمساك بها أثناء العمل، وإحدى نهاياتها حادة كالسكين صغيرة الحجم "Small knife" والأخرى على شكل ملعقة مستقيمة صغيرة تستعمل لحمل قليـل مـن مزيج الجبس والماء لوضعها على القطعة المراد ترميمها، وكل جزء من هـذه الأدوات له وظيفة، فالبعض منها لإزالة الزوائد والآخر للترميم وبعضها للخرم والكشط، وهي خفيفة الحمل في أطوال تقترب من مساحة الكف.

**آلة التثقيـب:**

تستعمل هذه الأداة (شكل ٦- أ) في إحداث ثقوب في الفراغات التـي يـراد تفريغ الجبس منها في الحشوه المراد تنفيذها حتى يسهل إجراء عملية التفريغ منهـا بوضع مقدمة الزوانه من خلالها والتي يتم بها توسعة هذا الثقب حـسب التـصميم المراد إزالة الجزء منه.

**طريقة الاستعمال:**

١- تثبيت البنطة المناسبة للثقب في الجاشرة تثبيتاً محكماً (شـكل ٦-ب) بواسـطة مفتاح خاص.

٢- يحدد مكان ومركز الثقب على مسطح الجبس المراد ثقبه.

٣- تنقل الحركة للماكينة بواسطة الضغط على مفتاح تشغيل خاص في يد تتحـرك رأسي لإدارة المثقاب بشكل أفقي تثبت في أماكن الثقب من الضغط ببطء عليها وإدارة اليد لعمل الثقب.

٤- يلاحظ تعامد "البنطة" على سطح الثقب المراد ثقبه أما في حالة الثقوب المائلـة بزاوية ميل خاصة فيعد دليل لذلك بالزاوية وحساب نسبة الميل المطلوبة حتـى تحقق الغرض.

**ملاحظات يجب اتباعها بعد إجراء عملية الثقب:-**

١- تسن "البنطة" عن طريق مبرد حدادي أو أحجار السن وتنظف جيداً بعد ذلك.

٢- تشحيم وتنظيف آلة الثقب بعد العمل بها، خوفاً من التصاق الجبس النـاتج مـن الثقب بها.

**المبـارد:**

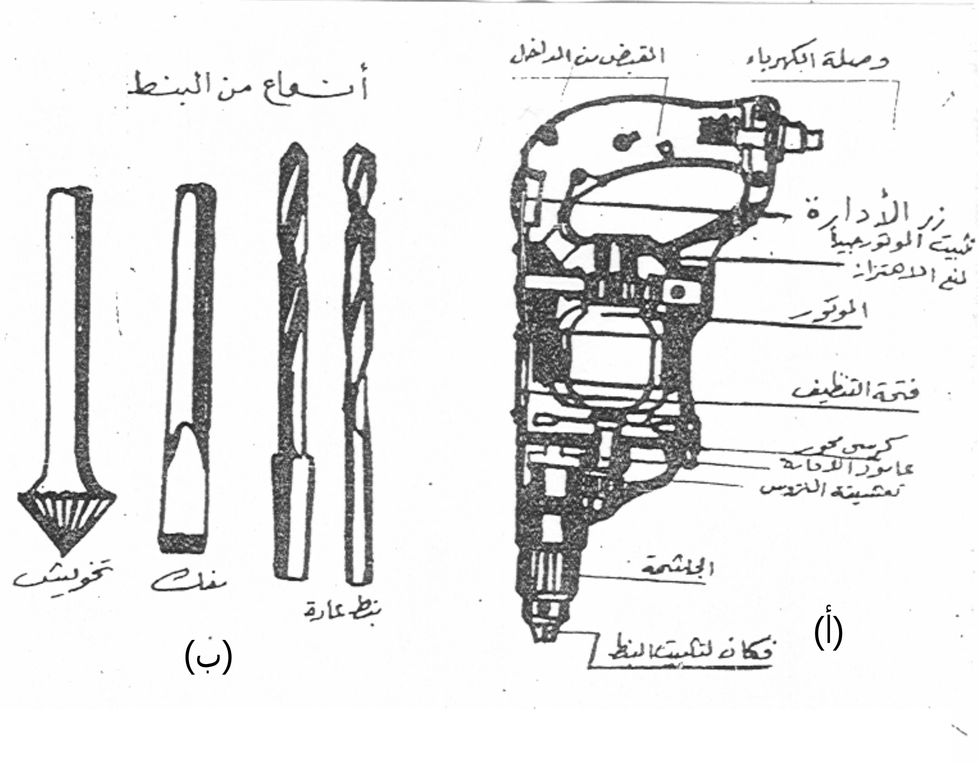
تستعمل عادة في حالة التشطيب النهائي للتفريغ وتنعيم وتحديد زوايـا الحفـر والتفريغ (شكل ٧-ج( ومن هذه المبارد:

الدائري المقطع Round أو نصف الدائري Half Round أو المربع Square أو المثلث Triangle أو البيضي Oval أو المسطح Flat أو نصف البيضي Half Oval



(شكل ٥) الأوعية المستخدمة لمعايرة وخلط الجص

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٤




(شكل ٦) آلة التثقيب الكهربائية وأنواع البنط المستخدمة معها.

(أ) آلة التثقيب في الجص (ب) أنواع من بنط التثقيب

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٦

وهي على درجات متفاوتة من النعومة وهي مصنعة من الحديد ولها مقبض من الخشب أحياناً.

**منشار التفريغ "الزوانه":**

عادة تستعمل الزوانة لتفريغ التصميم المجهز على سطح الجبس ولكن قبل استخدام الزوانة يجب إجراء عملية التثقيب حتى تدخل الزوانه من الثقب بحيث يمكنها الحركة لإجراء عملية التفريغ.

و"الزوانه" منشار التفريغ (شكل ٧- أ) عبارة عن مقبض خشبي أو مقبض من المواد الراتنجية المخلقة، ويتصل المقبض بالسلاح الأمامي المدبب من الأمام والعريض من الخلف نسبياً وتكون حافة الأسنان حادة وهي لأسفل الزوانه وإن كانت قريبة الشبه بالمنشار "التمساح" إلا أنه تختلف عنه من حيث صغرها عنه بشكل ملحوظ، كما أن أسنانها أرفع من سراق التمساح هذا ويمكن استبدال نصل الزوانه ويغير بسلاح آخر حسب حاجة العمل (ص١٢٨- ١٣٠).

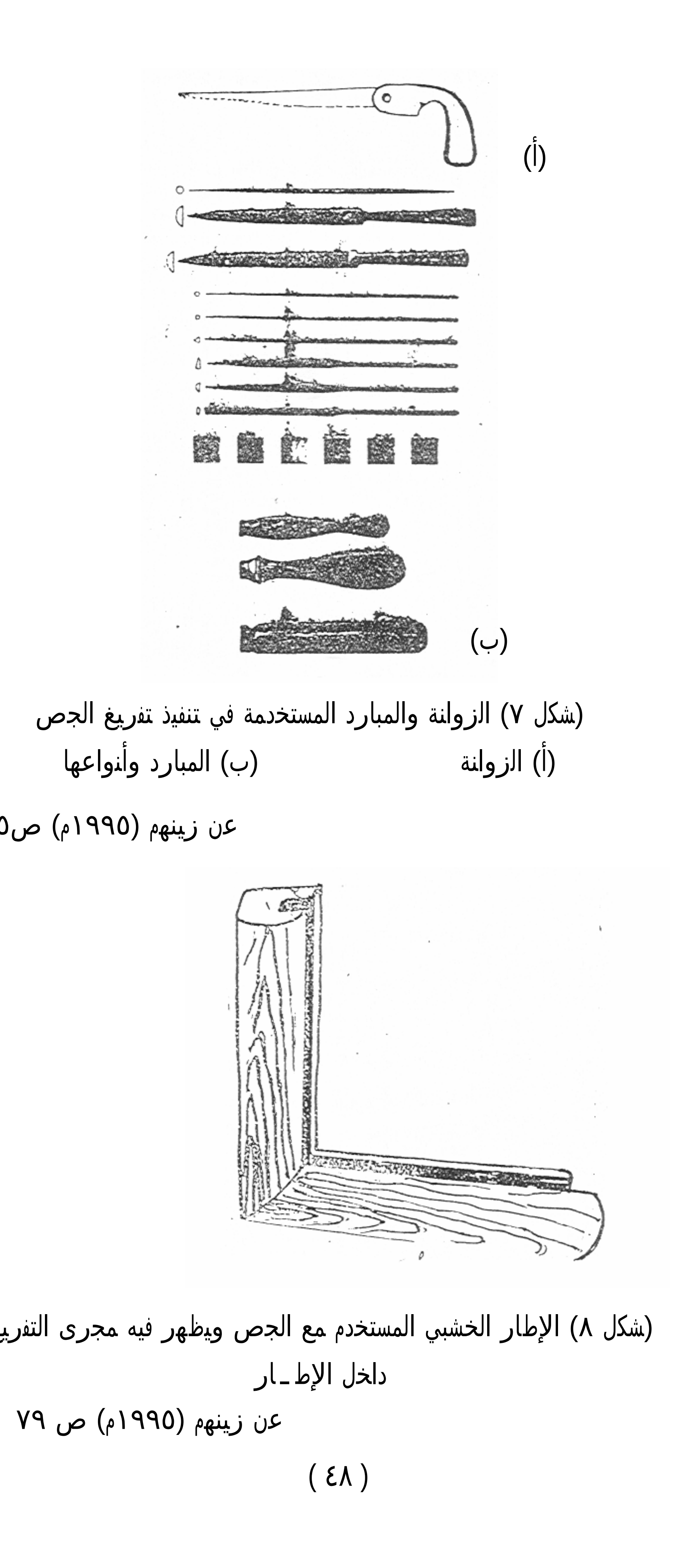
**طريقة تنفيذ فتحة من الزجاج المعشق بالجص:**

**أولاً**: يجب تحضير التصميم الخاص بالفتحة المراد تنفيذها بالمقاسات والمتطلبات والمواصفات الخاصة بالموقع والمؤثرات الخاصة به.

**ثانياً**: عمل إطار "برواز" من الخشب بالمقاسات المطلوبة مع مراعاة أن يكون داخل هذا البرواز الخشبي مجرى "فتحة في الإطار" تتناسب مع المساحة المطلوبة لتصميم الجبس (شكل ٨) وفي أغلب الأحيان لا يقل هذا المفحار عن ٢سم غائرة في جسم الإطار الخشبي.

**ثالثاً**: يتم تجهيز تفاعل الجص "كبريتات الكالسيوم" مع الماء في الأواني الخاصة بعملية الخلط والتفاعل استعداداً لصب المحلول الناتج في الإطار الخشبي المعد ويترك المدة المحددة لذلك مع مراعاة أن تكون طريقة الصب كالآتي:

أ- إعداد مسطح أملس من الرخام أو الزجاج ويوضع فوق منضدة التجهيز حتى يتم الصب عليها.




(شكل ٧) الزوانة والمبارد المستخدمة في تنفيذ تفريغ الجص

(أ) الزوانة (ب) المبارد وأنواعها

عن زينهم (١٩٩٥م) ص٧٥

(شكل ٨) الإطار الخشبي المستخدم مع الجص ويظهر فيه مجرى التفريغ داخل الإطـار

عن زينهم (١٩٩٥م) ص ٧٩

ب- يتم تنظيف هذه المنضدة المعدة بما عليها من زجاج أو رخام تنظيفاً جيداً ويتم دهانها بمادة عازلة مكونة من خليط من الزيت والصابون معاً، أو من الشمع أو بودرة التلك حتى تكون طبقة عازلة بين الجص والسطح المراد الصب عليه.

ج- يتم وضع الإطار الخشبي السابق تجهيزه الخاص بالفتحة المراد تنفيذها على المنضدة، وذلك بعجينة من الكاولين "الطمي الخزرفي" أو الصلصال حتى يتم سد جميع هذه الفراغات لكي لا يتسرب منها المحلول الجص أثناء عملية الصب.

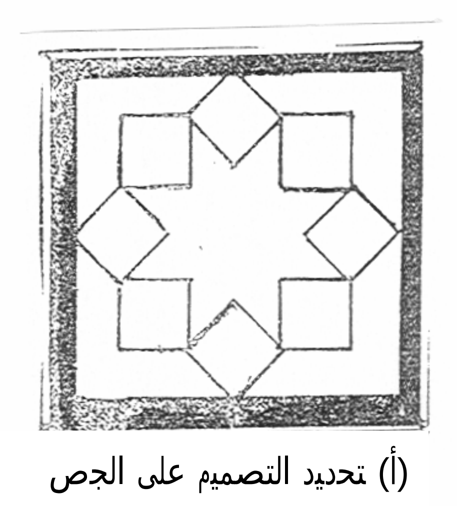
د- يتم صب محاول كبريتات الكالسيوم "الجص" في الإطار الخشبي حتى نحصل على السمك المطلوب، ويترك بعد ذلك المدة المحددة له ليتم الجفاف التام وغالباً ما يترك ٢٤ساعة إلى ٤٨ ساعة، وذلك نظراً لاختلاف توقيت عملية الصب صيفاً أو شتاءاً.

هـ- يتم طبع التصميم المعد لذلك بالفتحة على المسطح الجصي (شكل ٩-أ) السابق التجهيز والجفاف، ويحدد بأقلام التحديد الخاصة بذلك والتي تخدش في مسطح الجص حتى لا يزال التصميم أثناء عملية التفريغ.

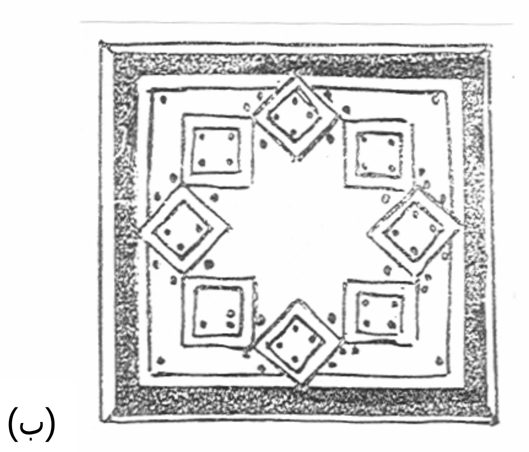
ثم تجري عملية الثقب بآلة التثقيب الخاصة (شكل ٩-ب) والزوانه اليدوية مع مراعاة أن يكون الثقب الناتج في إطار التصميم والزوايا القريبة من الخط الخارجي والمراد تفريغها وعند الالتقاء وخط الزاوية والتي تستطيع الزوانه من خلال الثقب أن تقوم بعملية الحفر (زينهم، ١٩٩٥م، ص ص ٧٨- ٨٠).

**رابعاً: عملية الحفر:**

يتم حفر التصميم بعد ذلك بالزوانه الخاصة وذلك تبعاً لزاوية الميل الخاصة باتجاه النظر إلى وجود السطح المحفور (شكل ٩-ج( وتتحدد هذه الزاوية تبعاً لوجود الفتحة وزاوية الميل الواقعة على نظر المشاهد لهذه الفتحة، وفي هذه الحالة يكون الحفر أفقياً إذا كانت الفتحة في وضع رأسي، أما إذا كانت الفتحة في وضع أعلى من مستوى النظر، فتجرى عليها زاوية الميل الخاصة بالحفر حتى يستطيع المشاهد رؤية تصميم الزخارف جيداً.



(أ) تحديد التصميم على الجص



(ب) تثقيب الجص حول التصميم

(جـ) توزيع الجص لإظهار الحشوة

(شكل ٩) مراحل تنفيذ حشوة جصية

عن زينهم (١٩٩٥م) ص ٧٩

**خامساً: عملية لصق الزجاج على التصميم:**

يصفها زينهم (١٩٩٥م) بقوله:

" تجرى عملية تقطيع الزجاج الملون الخاص بالتعشيق فـي الجـص بطريقـة التقطيع العادية السابق ذكرها في الزجاج المؤلف بالرصاص، مع الاختلاف هنا بأن قطعة الزجاج سوف تكون أكبر قليلاً من الفتحة الجصية المحددة لها، حتـى يتسنى لقطعة الزجاج أن تثبت على سطح الجص من الخلف، وبعد الانتهاء مـن هذه العملية تجرى عملية الترميمات التي قد تنتج عن إجـراء عمليـة التفريـغ والحفر، وأيضاً يتم إزالة جميع الزوائد الجصية والتي قد تثبت علـى الزجـاج وتلتصق به نتيجة عملية التثبيت، وتصبح الفتحة بعـد ذلـك معـدة بالتـصميم والزجاج استعداداً لوضعه وتركيبه في المكان المناسب له" (ص ٨١).

**الزجاج المرئي من الوجهين:**

هناك تصميمات يمكن أن نراها من الوجهين إذا كان المكان يستلزم ذلك ويـتم ذلك بنفس الطريقة السابقة ومن خلال الخطوات التالية:

١- تحضير بلاطة الجبس وتفريغها وبعد ذلك يتم تشبع هـذه البلاطـة بالزيـت أو صابون مخفف بالماء.

٢- ثم توضع على المنضدة بعد عزلها جيداً.

٣- يحضر إطار خشبي يوضع فوق بلاطة الجبس.

٤- يتم تحضير الجص مضاف إليه قليل من الإسمنت لزيادة الصلابة ثم يصب فوق البلاطة وفي داخل الإطار الخشبي لعمل القالب.

٥- نتركها تجف وبعد ذلك نقوم بفصل البلاطة الجصية عن القالب.

٦- ينظف القالب ويكون بعد ذلك جاهزاً لصب عدة بلاطات في نفس التصميم لعمل وجهين للعمل الفني.

٧- تصب بلاطتان من الجص على القالب بنفس الطريقة السابقة وفي هذه الحالـة سوف نحصل على بلاطات مفرغة جاهزة للاستعمال.

٨- بعد ذلك يتم لصق الزجاج على خلفية أحد البلاطتين ثم نرممها وننظف الزجاج من بقايا الجص.

٩- نلصق البلاطة الأخرى مع البلاطة الأولى الملصق خلفها الزجاج ونثبتهم معـاً بإطار خشبي.

وبهذا نحصل على عمل مرئي من الوجهين وهذه النوعية من الأعمال تصلح للقواطيع أو للحوائط الفاصلة بين مكانين يستخدموا لرؤية التصميم من داخل المكانين (إيمان ندا، ١٩٩٧م، ص ١٣٣).

**ثانياً: الزجاج المؤلف بالرصاص:**

يطلق عليه بالإنجليزية Stained Glass وتعني كلمـة Stain صـبغة وبعـض المراجع تطلق عليه Leaded Glass، ويعد الزجاج المسطح من أهم أعمال تجميـل العمارة سواء من الداخل أو الخارج، وقد كانت نشأة هذا الفن في بداية القرن التاسع عشر*، حيث حاول أحد الفنانين عمل مسطحات من قطع الزجاج الشفافة والملونـة لغلق إحدى النوافذ الخاصة بمنزله، فكان تفكيره في وضع تلك القطع بجوار بعضها وصب بينها مصهوراً من الرصاص حتى تتماسك هذه القطع مع بعـضها ويـرى (زينهم، ١٩٩٥م): "أن هذه الفكرة ناتج أول الأعمال في استخدام الزجاج المـسطح

---

* لا يعرف على وجه التحديد هل نشأ في فرنسا أو إنجلترا غير أن بعض الباحثين يرجع نشأته الأولى في إنجلترا وأنه قد نوع تقنية بالساك حيث تحاط الألوان بساك يلتف حولها وتتحد مع بعضها.

في العمارة وكان استخدامها غير جمالي ولكنها لحجب كمية الضوء وتقليـل نـسبة التيارات الهوائية إلى داخل المبنى" (ص٣٥).

وظل هذا التفكير يتطور إلى أن نتج عنه فن الزجاج المعشق بالرصاص فـي بداية القرن الثامن عشر خاصة مع زيادة اهتمام القديسين والقساوسة فـي عـصر النهضة بتجميل الكنائس والكاتدرائيات بالزجاج المعشق بالرصاص.

**العدد والأدوات المستخدمة في تنفيذ الزجاج المؤلف بالرصاص:**

هناك أدوات معينة لابد للقائم بعمل الزجاج المؤلف بالرصـاص أن يحـصل عليها ويمكن وصف مجموعة الأدوات المطلوبة كما يلي:

١- قاطع الزجاج Cutter: وهي عبارة عن آلة بسيطة تستخدم لقطع الزجاج ولهـا عدة أشكال متنوعة يصفها (زينهم ١٩٩٥):

" بأن منها ما هو على شكل بدن صغير من النحاس ينتهي بقطعة صغيرة مـن الماس الطبيعي، والمعروف أن الماس شديد الصلابة ويمكنه قطع الزجاج ولكن هذه العجلة لا تستخدم إلا في الخطوط المستقيمة، ونوع آخر له عجلة ذات بدن من الصلب ينتهي بجزء به ثلاث فتحات مقاس ٢-٣-٦ مليمتـرات وبطرفهـا الآخر عجلة واحدة لقطع الزجاج، وفي نهاية البدن يد من الخـشب بـه جـزء صغيرة من النحاس أما النوع الثالث فعجلة ذات يد من الخشب وبدن من النحاس أو الحديد مركب عليها رأس به ستة أقراص من الصلب الـشديد معـدة لقطـع الزجاج وبه ثلاث فتحات لخلع الزجاج بعد تقطيعه، وفي أسفل اليد كـرة مـن الرصـاص أو الزنك وذلك لاستخدامها لنقر الزجاج بعد قطعـه" (شـكل١٠ ) (ص٤٦).

٢- سكينة قطع الرصاص Glazing: وهي ذات أشكال متعددة تستخدم فـي قطـع خطوط الرصاص يصفها (زينهم ١٩٩٥):

بأنها ذات يد خشبية وسلاح مقوس مصنوع من الـصلب ذي الحافـة الحـادة المدببة، ومنها المدبب المصنوع من جراب من المعدن به سلاح دقيـق يمكـن

إخراجه من هذا الجراب عند الاستعمال (شكل ١١) وهي تشبه إلى حـد كبيـر سلاح Cutter قطع الورق مع الاختلاف في قوة السلاح ومنها ما هو على شكل قلم رفيع مصنـوع من الصلب وتستخدم السكينة لقطع الرصاص وإزالة الزوائد فيه" (ص٤٧).

**مكـواة اللحـام:**

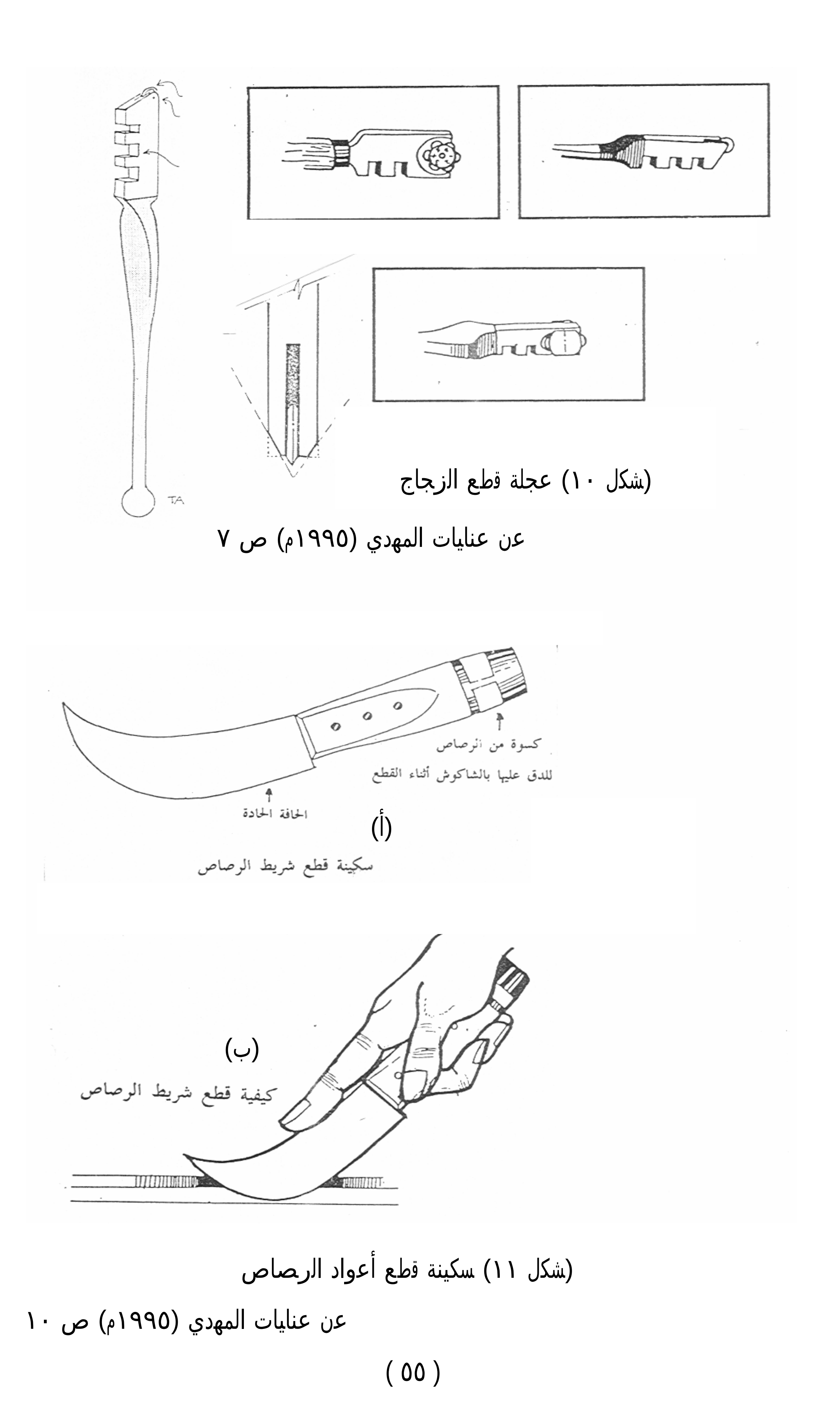
ويوجد منها عدة أنواع منها ما هو كهربائي (شكل١٢) أو يعمـل بالغـاز أو الكيروسين، ومنها ما يوضع على لهب مباشر لتسخينه، وينـصح (فينـست١٩٨٠) باستخـدام النموذج قوة ١٠٠ وات وأن تكون الحـافة ذات القطر الذي يتراوح بين ٣/٨ إلى ½ بوصة، حيث تعد الأفضل بالنسبة لأعمال لحام الزجاج المعـشق مـع تزويدها بمجموعة لتنظيم دخول التيار والتحكم في درجة الحرارة وتنظـيم عمليـة التسخين، حتى لا تزيد عن المعدل الذي يعمل على صهر الرصاص بعد التعـشيق (ص٦٥).

**ممدد عروق الرصاص - الشدادة:**

يراعى قبل استخدام أعواد الرصاص في الزجاج المعشق أن يتم بـسط تلـك الأعواد لتتحول من حالتها الرخوة المحنية إلى حالة أكثر استقامة، ويصفها (زيـنهم ١٩٩٥) "بأنها تتكون من فكين من الصلب مركبين على قاعدة من الحديد (شكل١٣) مثبت كل فك منهم بمسمار واحد حتى يمكن تحريكه، حيث يتطابق الفـك المقابـل لإمساك الرصاص عن طريق الشرشرة الموجودة بكل فك" (ص ٤٩).

**الزرادية:**

وتصـنع غالباً من الصلب ويمكن استخدام الزراديات المنزلية العادية ولكـن ينصح (فينست ١٩٨٠) بأن النوع المسمى Grozing له ميزة إذ أنه مصنع بدقة من صلب لا يستخدم فيه طريقة التسخين والتبريد على التـوالي كما أن لها نتـوء ينتج

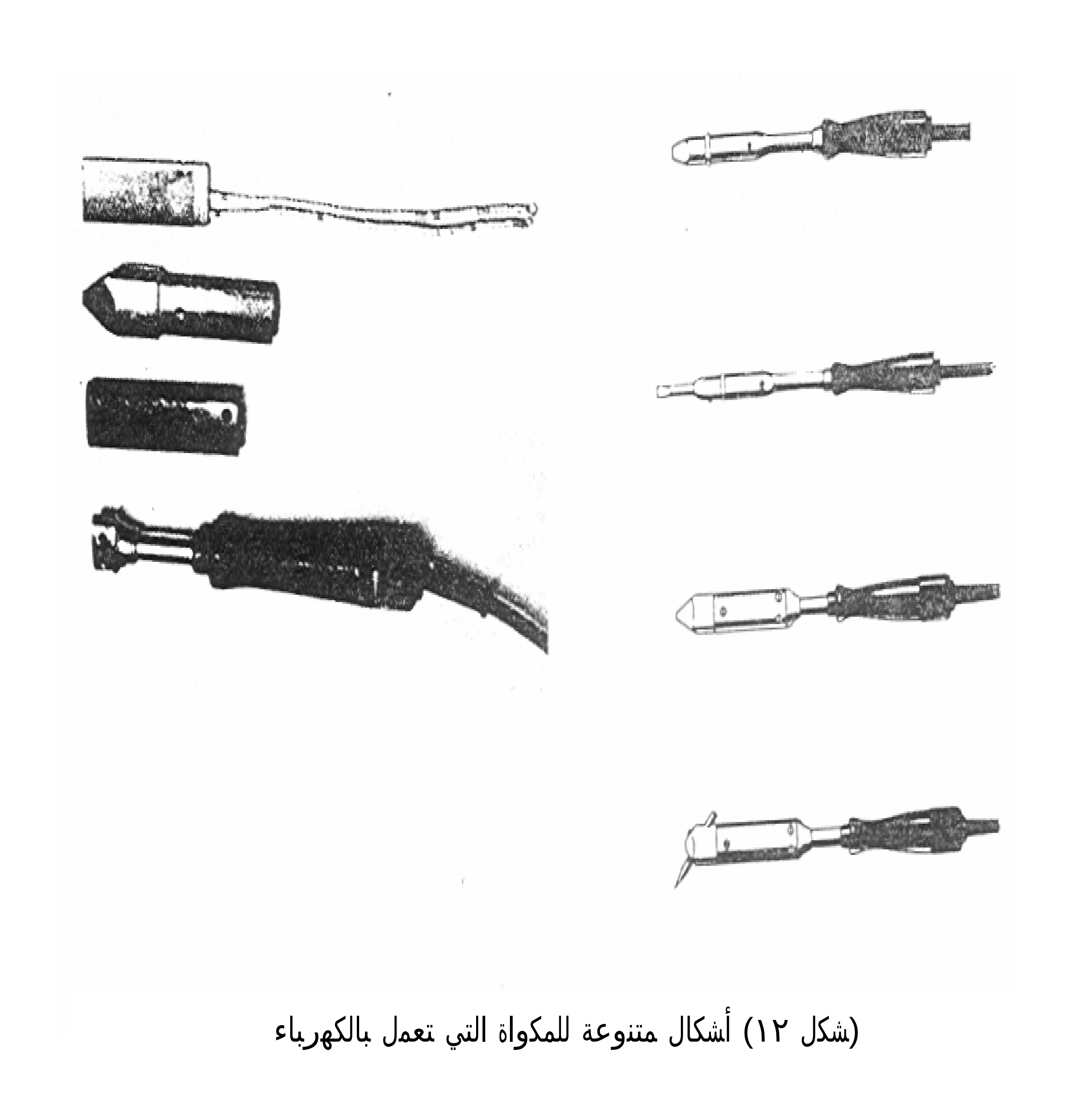



(شكل ١٠) عجلة قطع الزجاج

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ٧

(شكل ١١) سكينة قطع أعواد الرصاص

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ١٠



(شكل ١٢) أشكال متنوعة للمكواة التي تعمل بالكهرباء

ضغط متساوي على جانبي الزجاج العلوي والسفلي، وهي إلى حد ما لا تتسبب في شق حافة الزجاج عند استخدام الضغط، وأفضل أنواع الزراديات المناسبة لأعمـال الزجاج تتميز بأنها مزودة بفكين تبلغ المسافة بينهما ½ بوصة (شـكل١٤-أ). أمـا الزراديات من نوع Round nosed فإنها تفيد في تسوية قطع الزجاج الصغيرة فـي الحافة الغير منتظمة (شكل١٤-ب) أو عند عمل قطعات داخلية صعبة (ص٤٤).

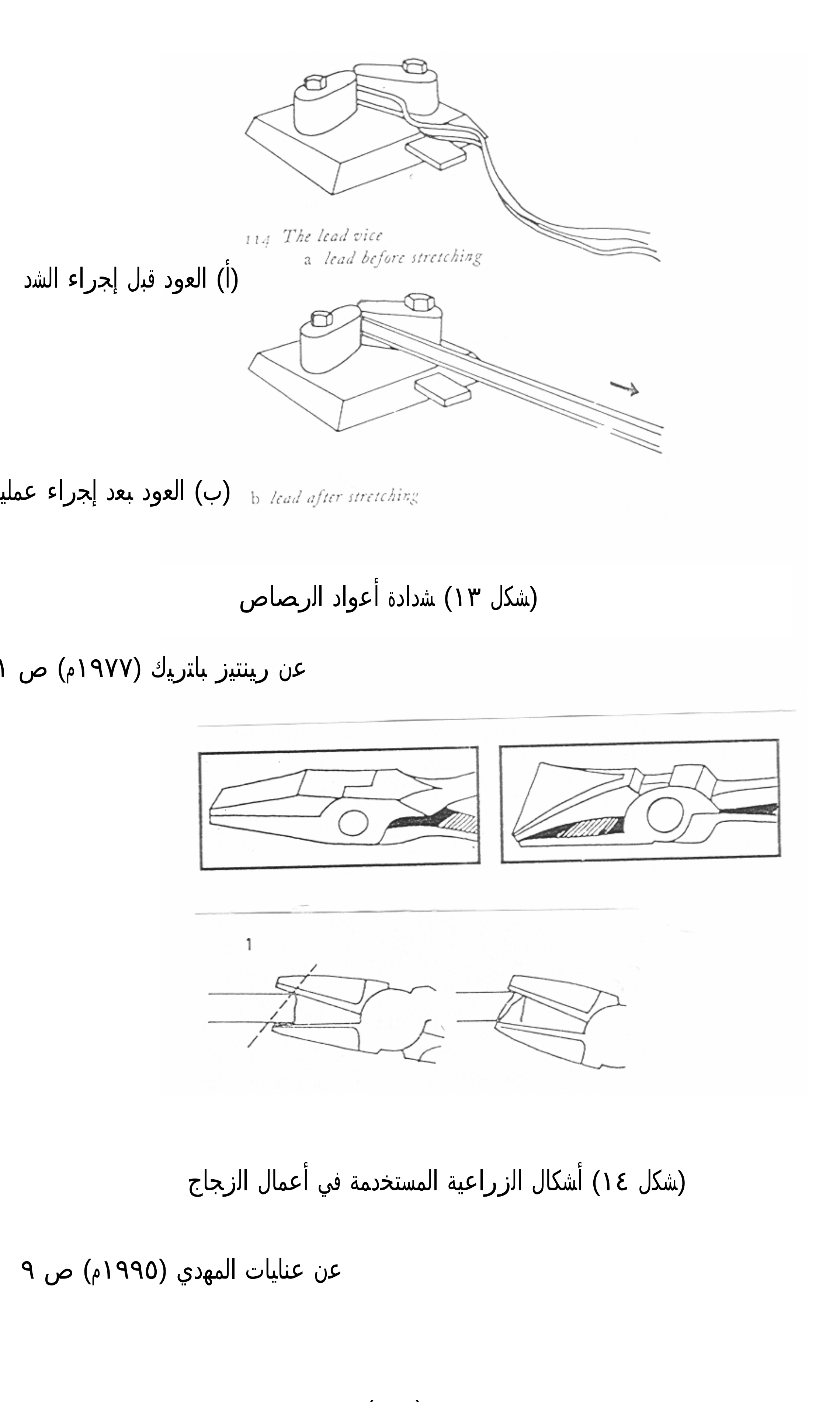
**الفتاحــة:**

عبارة عن أداة تستخدم لفتح تجويف الرصاص وأيضاً تستخدم لتوسيع مجـرى الرصاص من الداخل عند التعشيق، ومنها المصنوع من الـصلب وبعـضها مـن البلاستيك على شكل سكين ذات نصل غير حاد، وذات مقبض كبير ونصل بقـوس بزاوية بسيطة لكي تتناسب مع عملية إدخال الزجاج في عروق الرصاص (شكل١٥).

**أدوات متنوعة**: ومنها حجر الجلخ وهو ضروري وهام من أجل أن تظـل الأدوات حادة النصل، بالإضافة إلى كمية من المسامير ½ ١ بوصة ويفضل مسامير حـدوة الحصان بالإضافة إلى شاكوش خفيف ذو رأس من الصلب بيـد خـشبية لتثبيـت الزجاج على لوحة التعشيق، كما تستخدم فرشاة التنظيف وهي غالباً من السلك بيـد من الخشب وذلك في حالة إجراء عملية السمنت (المعجون)، وأخرى من البلاستيك الناعم للتنظيف، إلى جانب العدد يجب تحـضير بعـض الأدوات المـساعدة فـي الاستخـدام كـزاوية من الخشـب ذات تخـانات لا تقـل عن ٢بوصة عرضاً و١ بوصة في الارتفاع- بطول التصميم المراد تنفيذه- حيث تثبت هـذه الزايـة علـى منضدة التشغيل الخشبية.

**أعواد اللحام:**

ويجب تحضير أعواد القصدير المستخدم فـي اللحـام بحيـث تكـون جـاهزة للاستعمال ومن أفضل أنواعه كما يرى (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢) هي أعواد القـصدير ببكرة اللحام (٤٠- ٦٠) المحتوية على نسبة ٦٠% تصدير و٤٠% رصاص ويكون




(أ) العود قبل إجراء الشد

(ب) العود بعد إجراء عملية الشد

(شكل ١٣) شدادة أعواد الرصاص

عن رينتيز باتريك (١٩٧٧م) ص ١١١

(شكل ١٤) أشكال الزراعية المستخدمة في أعمال الزجاج

عن عنايات المهدي (١٩٩٥م) ص ٩

مربوطاً على بكرة سمكها ٨/١ بوصة، وهو يناسب تنفيـذ اللوحـة ذات الأحجـام الكبيرة والتي سوف تكون معرضـة للرياح والطقس حيث يزودنا بتركيبة قويـ ـة في اللحام (ص٥٦).

ولتنفيذ وصلات اللحام في الرصاص تستخدم مادة مساعدة علـى الانـصهار Flax، وأفضل أنواعها النوع السائل الحمضي Oleic وذلـك باسـتخدام فرشـاة ½ بوصة. حيث تساعد على سريان مادة اللحام في كل أجزاء الوصـلة، وبـدونها لا ينصهر اللحام مع الرصاص بل يتسرب على شكل قطرات منفصلة.

**أعـواد الرصاص:**

يستخدم الرصاص في عملية التعشيق بأشكال مختلفة منه ما يستعمل للخطـوط الخارجية على شكل (U)، ومنه ما هو على شكل حرف (H) ويتراوح عرضه مـا بين ٨/١ بوصة إلى بوصة واحدة وهو على عدة أشكال (شكل١٦) المجنح Milled والمستديرة Round والمسطح Flat، والرصاص نقي اللون مائـل للزرقـة لا مـع السطح عند قطعة إلا أن هذا اللمعان يختفي بسرعة عند تعرض سطحه للجو نتيجة التأكسد واتحاده مع غاز ثاني أكسيد الكربون $Co_2$ الموجود في الهواء، ويتميز بأنـه معدن لين يسهل تشكيله مما جعل له دواراً هاماً في الزجاج المؤلـف بالرصـاص، حيث لا يوجد معدن آخر يماثله في سهولة التشكيل وقوة البقاء وقلة التكاليف وسرعة الانصهار.

**طريقة إعداد أعواد الرصاص:**

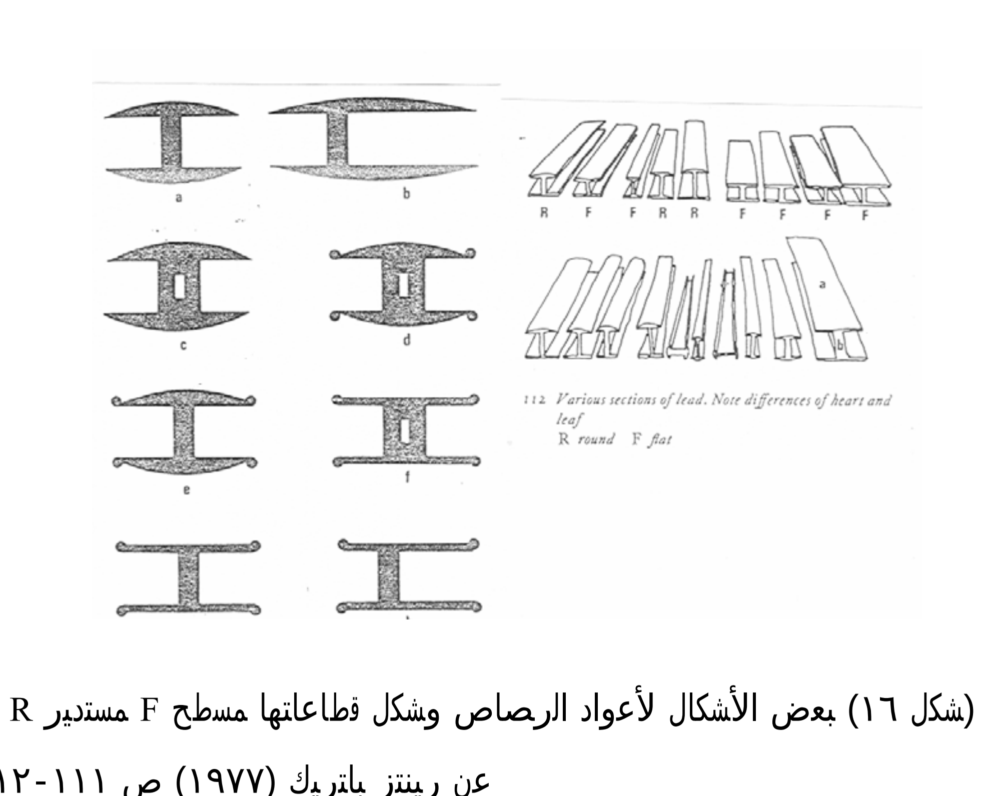
ويتم إعداد أعواد الرصاص كالآتي:

١- يصهر الرصاص في بوتقة خاصة من الحديد أو الصاج (شكل ١٧).

٢- يصب الرصاص في قالب من الصلب المجوف (شكل١٨) مكون من جزئين مثبتة عن طريق مشبك يدوي يقفل ويفتح عند الاستخدام، وله فجوات على شكل (H) يتراوح بين ٣-٤ فجوات بمقاسات مختلفة حسب رغبة الفنـان، وحجمهـا أكبر قليلاً من سمك الرصاص المراد استخدامه في عملية التعشيق.

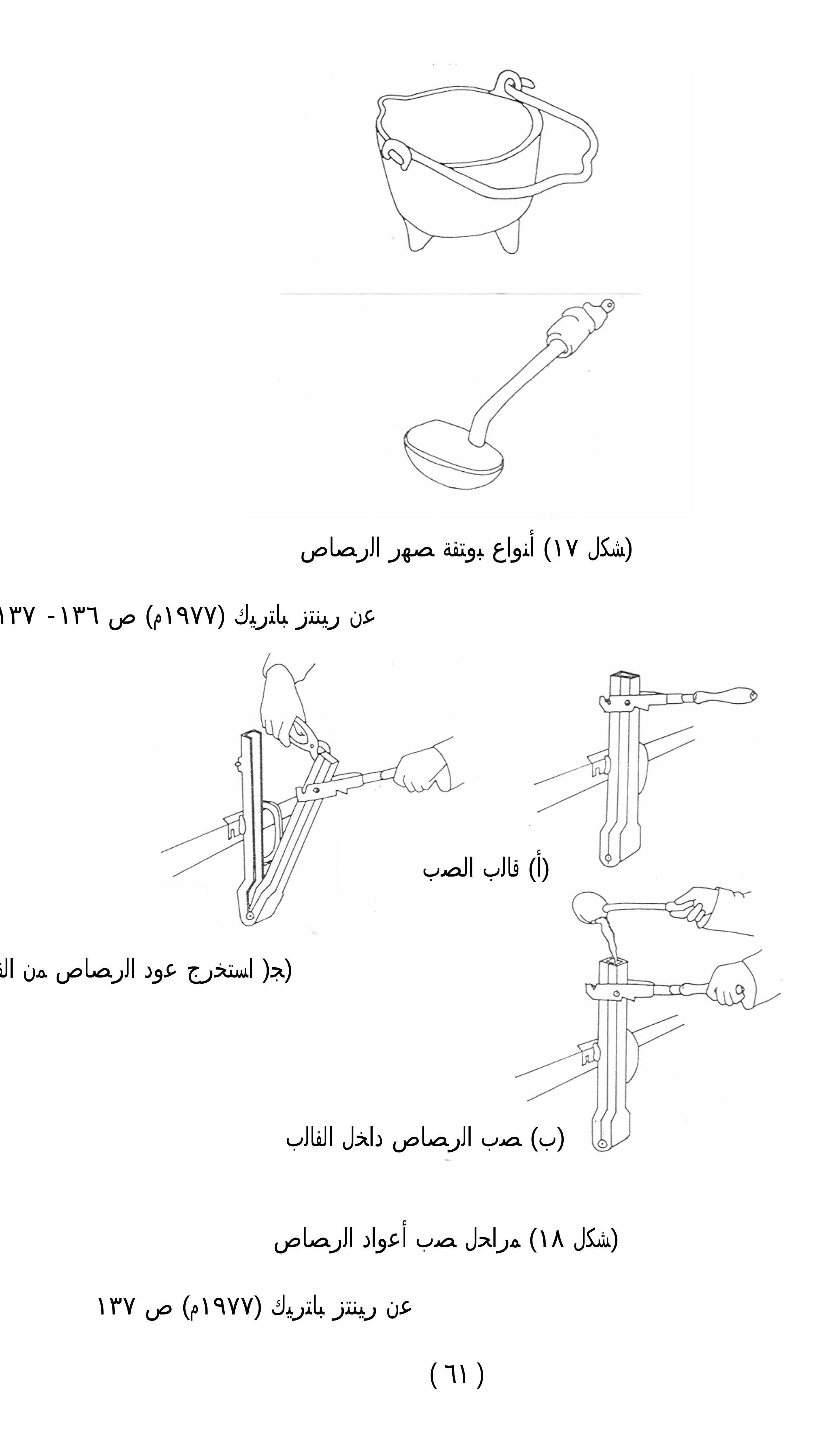



(شكل ١٥) فتاحة أعواد الرصاص وطريقة استخدامها في فتح بحرة الزجاج




(شكل ١٦) بعض الأشكال لأعواد الرصاص وشكل قطاعاتها مسطح F مستدير R

عن رينتز باتريك (١٩٧٧) ص ١١١-١١٢



(شكل ١٧) أنواع بوتقة صهر الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٦- ١٣٧

(أ) قالب الصب

(جـ) استخرج عود الرصاص من القالب

(ب) صب الرصاص داخل القالب

(شكل ١٨) مراحل صب أعواد الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٧

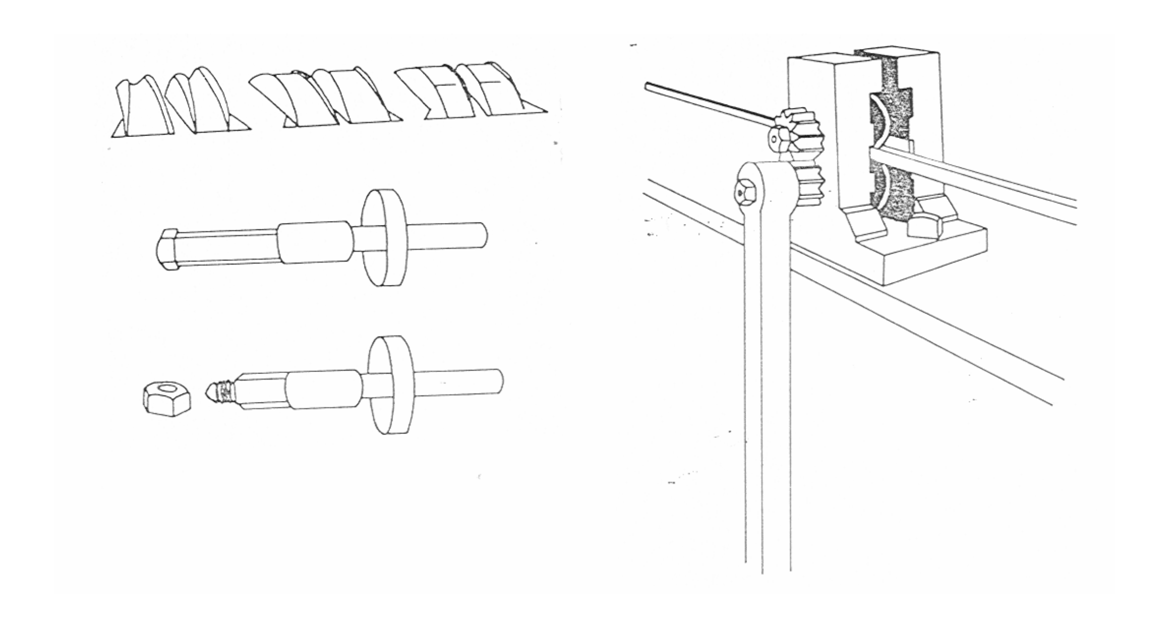
٣- يعاد تشكيل القضبان بعد أن تبرد في ماكينة سحب الرصاص ووظيفتها تهـذيب وسحب وتشكيل القضبان إلى المقاسات والمواصفات المطلوبـة، وذلـك بواسـطة أقراص ولقم من الصلب تركب حسب الحاجة بماكينة بنوعيها كما يلي:

أ- ماكينة السحب اليدوية (شكل١٩) وهي عبارة عن جـزئين مـن الـصلب مجوفين بسمك تخانة لقم التشكيل، إحداهما مثبت فـي منـضدة التـشغيل والأخير متحرك، حتى يتثنى وضع لقم التشكيل استعداداً للدوران عن طريق تروس داخلية متصلة بترس الحركة اليدوية.

ب- ماكينة سحب الرصاص بالمحرك- الموتور- (شكل٢٠) وهي عبارة عن أجزاء الماكينة اليدوية مع إضافة محرك كهربائي للعمل على توليد الحركة للعمل على تنظيم حركة الدوران وتقليل عدد اللفات حتى تعـادل اللفـات الناتجة عن الحركة اليدوية (زينهم، ١٩٩٥، ص٥٠-٥٢).

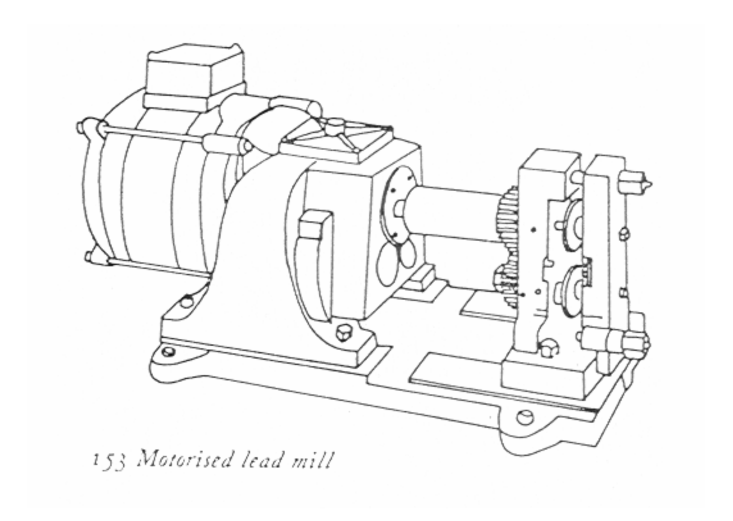
**التصميم:**

ويشتمل التصميم كما يرى (زينهم، ١٩٩٥) على الفكرة اللونية ومعالجة مساحة الفتحة والأبعاد والمنظور، وعلاقة الفتحة بالمكان والطراز المحيط بـه والعناصـر الفنية التي تخدم السطح" (ص٥٢) ويضيف (فينست أويرين، ١٩٨٠) " أهمية الأخذ في الاعتبار بتركيبة خطوط الرصاص في التصميم لما لهـا مـن أهميـة وظيفيـة بالإضافة إلى الغرض الجمالي، حيث أن تصميماً به عدة خطوط مـن الرصـاص متقاطعة مع بعضها البعض في نقطة ( شكل٢١)، سيؤدي إلى وصلة ضعيفة ومرنة ويجعلنا في نفس الوقت نركز رؤيتنا عليها" (ص٤٧) ويضيف (زينهم، ١٩٩٥) " أن أعداد التصميم بواسطة فنان متخصص هو الأفضل لأنه الأقدر على فهم واسـتيعاب مشاكل هذا الفن من حيث التنفيذ واللون، وأول خطوات التصميم هي عمل الفكـرة- الاسكتش- بالقلم على مساحة صغيرة بمقياس مناسب" (ص ٥٤).



(شكل ١٩) الماكينة اليدوية لسحب أعواد الرصاص

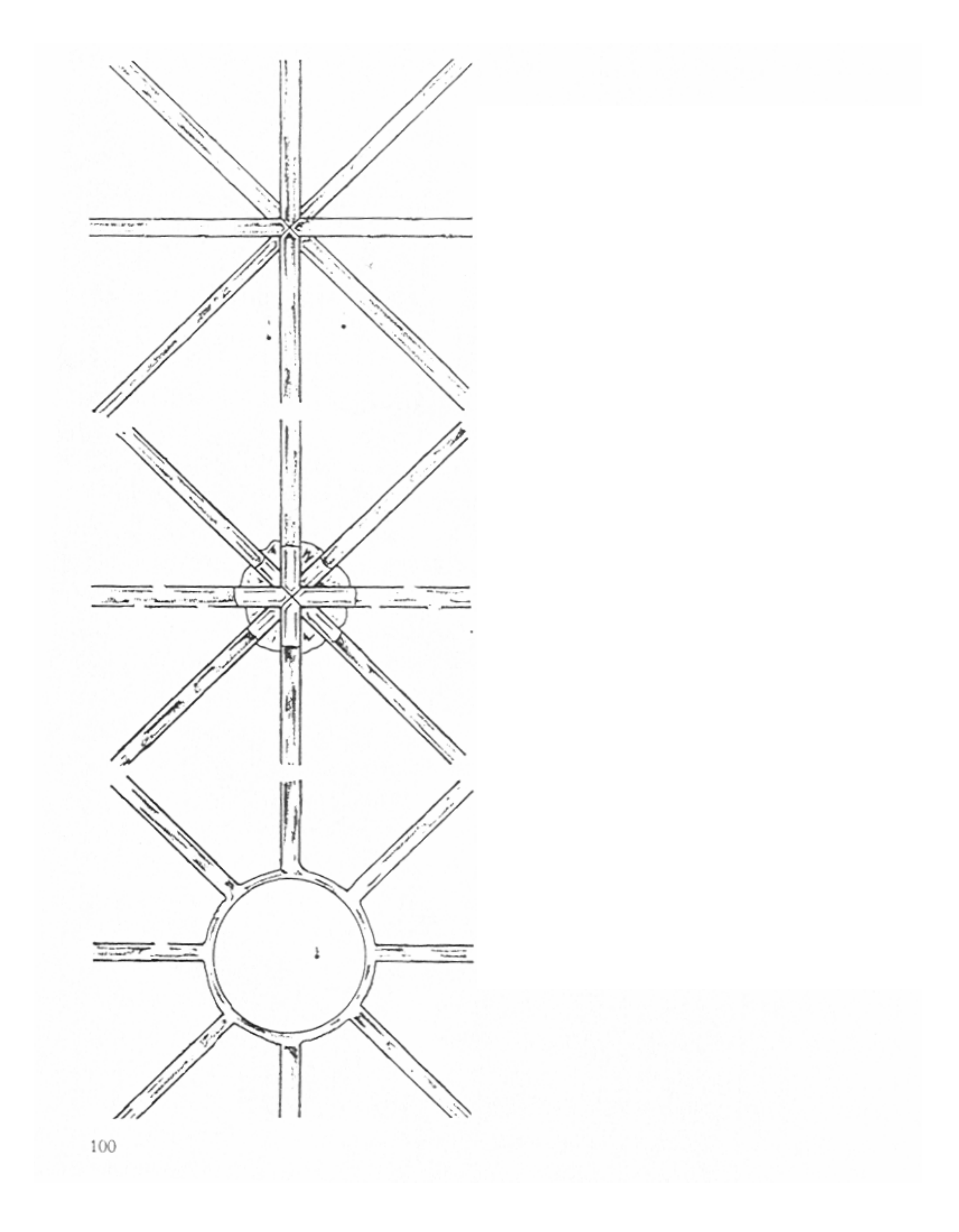
عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٨



153 Motorised lead mill

(شكل ٢٠) ماكينة سحب أعواد الرصاص باستخدام المحرك الكهربي.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٣٨




(شكل ٢١) أشكال متنوعة لتجميع خطوط الرصاص في نقطة واحدة عند عملية اللحام

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ١٠٠

ويتوقف نجاح العمل كما يرى (عبدالرحيم، ١٩٨٤م) على مجموعة عناصـر كمـا يلي:

١- الضـ ـوء.

٢- أنواع الزجاج المسطح الملون المستخدم.

٣- عنصر الرصاص كبناء للوحة ولون يؤكد العناصر.

٤- علاقة كل ما سبق باللون (ص١٥).

**أهمية الضوء**:

أن كل ما يدرس في الفن التشكيلي يعتمد جانبه المرئي أساساً علـى التـصميم الذي يعتمد في النهاية على الضوء، والوقع أن الضوء رغم أهميتـه القـصوى قـد أصبح عادياً إلى درجة أننا نتجاهله في معظم الأحيان ولا نفكـر فيـه إلا عنـدما نستخدمه بطريقة مباشرة كما في الإضاءة أو المسرح، لذا يرى (سـكوت، ١٩٨٠) "أنه يجب علينا الاهتمام بضوء الشمس بطريقة خاصة لأن الضوء يعتبر جزء مـن صميم مادة الحياة والواقع أن الأشياء التي نظمها سواء أكانت بعدين أو ثلاثة أبعـاد تعتبر بمثابة عاكسات للتأثير الضوئي" (ص ١٨٧).

ويؤكد (عبد الرحيم، ١٩٨٤) ما تقوله مارجريت شاليتون (Margret chilton)

" أن استخدام الضوء واللون على خلفيات متألقة هذا ما يثير أعجابي في زجـاج الكنائس ولكنني أقول كيف نحافظ على هذه الميزة التي تلازم الزجـاج، أننـي كفنانة في هذا المجال ألجأ إلى استخدام الزجاج الملون الشفاف دون وضـع أي ملونات مؤقتة إلا في أضيق الحدود، لأنني أحب أن أرى قطع الزجاج رائقة في الضوء الطبيعي" (ص١٦).

كما يضيف (عبد الرحيم، ١٩٨٤) قول الفنـان فريدرك كوول Frederik Cole "أن الزجاج المؤلف بالرصاص هو لوحة في فتحة معمارية ينفذ من خلالها الضوء" (ص١٧).

**إعداد التصميم**:

ويشمل الفكرة الملونة، ومعالجة الفتحة والأبعاد والمنظور، وعلاقة الفتحة بالمكان والطراز المحيط به، والعناصر الفنية التي تخدم المسطح وتحديد خطوط الرصاص بأسماكها المختلفة، ويحتاج تصميم الزجاج المؤلف بالرصاص إلى عدة عمليات تترتب على كل منها على الأخرى في خطوات أوجزها (زينهم، ١٩٩٥) فيما يلي:

- إعداد التصميم من خلال عمل فكرة (اسكتش) بالقلم الرصاص على مساحة صغيرة بمقياس رسم مناسب.
- وضع الفكرة اللونية للتصميم بمقياس وألوان الزجاج المستخدم وعلاقة اللون بالمكان والوسط المحيط به.
- تحديد خطوات القطع في المساحة المراد تنفيذها.
- تحديد تخانة سمك الرصاص في الرسم التنفيذي وذلك لقياس تخانة الرصاص الداخلية ومعرفتها وإجراء عملية التحبير على التصميم المكبر بالحجم الطبيعي بهذه التخانة، مع مراعاة أنه في حالة تحديد التحبير في الإطار الخارجي يجب قياس سمك نصف سطح الرصاص الخارجي مضافاً إليه سمك تخانة الرصاص الداخلية وتحبير البرواز الخارجي بهذا السمك، أما في حالة استخدام الرصاص المعد على شكل حرف (u)، فيقاس فقط سمك الرصاص من الجانب الخارجي إلى الداخل وإجراء التحبير على هذه الإطار- بهذا السمك.

بعد عملية التحبير وتجهيز التخانات الخاصة بالسمك المطلوب تجرى عملية تحديد اللون في الرسم التنفيذي، عن طريق التلوين الرمزي أو عن طريق رمز معين لكل لون على حدة إما بالأحرف أو بالأرقام، وذلك متروك للحرية الخاصة للفنان المنفذ لوضع الرمز لكل قطعة استعداداً لعملية القطع (شكل٢٢-أ).

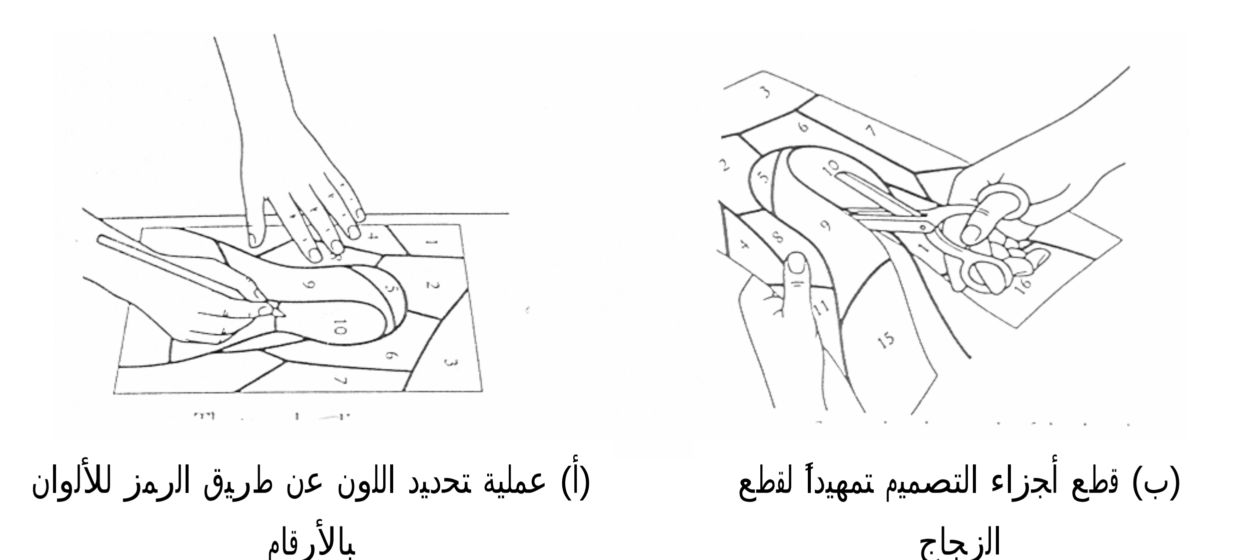
**قطع الزجاج**:

بعد تجهيز الرسم التنفيذي والذي يعد أول مراحل العملية التطبيقية لعمل لوحة من الزجاج المؤلف بالرصاص، تتم عملية التقطيع وفي هذه العملية يجب مراعـاة الآتي:

- في حالة استخدام القطع في مسطحات غير شفافة يجب عمل نقلة (بترون) مـن الورق المقوى لكل قطعة من الزجاج، فيثبت الورق على السطح الزجاجي المراد قطع الشكل منه إما باللصق أو بالسند ثم يحدد خط القطع على هذا اللون إما بقلم الفلومستر الملون بلون مخالف للون الزجاج أو بإجراء القطع المباشر في حالة ما إذا كان الفنان المنفذ متمكناً لهذا العمل (شكل ٢٢- ب).
- كل قطعة من الزجاج يراعى أن تتوفر فيها السهولة والانسياب في خـط القطـع وعدم وجود زوايا حادة قد تؤدي إلى كسر وشرخ القطعة الزجاجية عند إجـراء عملية القطع (شكل ٢٣)، مع مراعاة علاقة ذلك بالإطـار الخـارجي وتجميـع الرصاص بحيث لا يتم تركيزه في بؤرة واحدة عند اللحام حتى لا تضعف هـذه المنطقة عن باقي المسطح المراد تنفيذه، مع مراعاة التخانات التـي تخـدم فـي الرصاص بالإضافة إلى تخطيط الدعامات أو وضع الرصاص المقوى بالنحـاس لكي يساعد على تقوية الفتحة (زينهم، ١٩٩٥، ص ٥٥).

**إعداد الرسم التنفيذي**:

ويقصد بالرسم التنفيذي التصميم المنفذ على الورق بحيث يتم من خلاله عملية التشغيل بالطرق والأساليب الهندسية، فإذا كان الرسم التنفيذي ليس له القوة الإنشائية في إجراء عملية التعشيق والقطع، لذا يعتبر الرسم التنفيذي في هـذه الحالـة غيـر صحيح وقد أوجز (زينهم، ١٩٩٥) الخطوات الصحيحة والمتبعة في إجراء عمليـة الرسم التنفيذي كما يلي:



(ب) قطع أجزاء التصميم تمهيداً لقطع الزجاج

(أ) عملية تحديد اللون عن طريق الرمز للألوان بالأرقام

(شكل ٢٢) تحديد ألوان التصميم وقطع أجزائه بالأرقام




(شكل ٢٣) مراحل تثبيت نموذج الكرتون على الزجاج وعملية القطع

تكبير التصميم بالنسب والمساحات الحقيقية سواء عن طريق النقل بالمربعات أو النقل بالتكبير بجهاز التكبير أو أي وسيلة أخرى يراها الفنـان مناسـبة لعمليـة التكبير بالحجم الطبيعي، ومن المستحب إجراء عملية التكبير بالمربعات لأن ذلك يساعد على الحفاظ على كل خطوات القطع وتطبيقها بإتقان.

- في حالة استخدام الزجاج الملون الشفاف فيمكن وضع اللوح الملون على الرسـم التنفيذي مباشرة وتحديده بالفلوماستر أو إجراء عملية القطع المباشر.
- أما إذا كان الزجاج المستخدم من نوع الزجاج ذي الدرجة اللونية المعتمد فيمكن إجراء عملية القطع عن طريق منضدة الإضاءة Light table (شكل٢٤)، وهـي عبارة عن صندوق من الخشب أو المعدن بداخله وحدة إضـاءة مـن اللمبـات الفلورسنت، وتغطى من أعلى بلوح أو شريحة من الزجاج المسطح المضفر.
- يوضح الرسم التنفيذي على منضدة الإضاءة فوق لوح الزجـاج المـضفر مـع إنارتها لكي نظهر خط القطع واضحاً.
- يوضع لوح الزجاج الملون القائم على القطعة المتخصصة في الرسـم التنفيـذي فنجد أن خط القطع واضحـاً على الزجـاج الملون ونبدأ عملية القـطع عليـه (ص٥٥-٥٦).

**عمل نموذج الكارتون** (**الورق المقوى**):

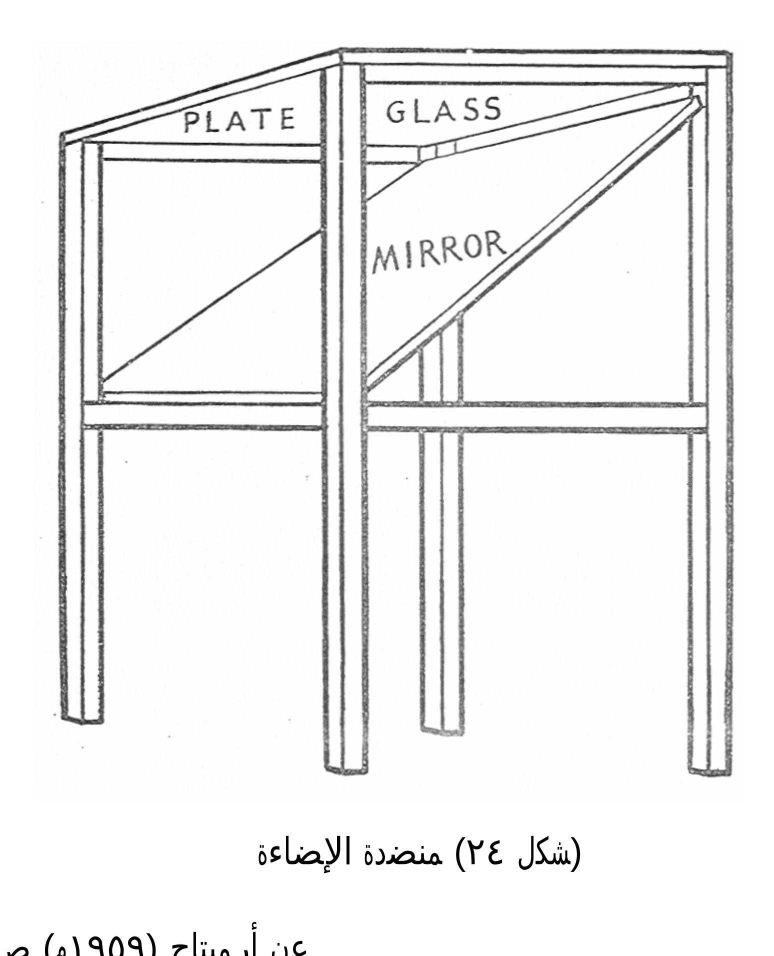
وفيها يتم استخدام نسختان من الورق المقوى إحداهما توضع على سطح العمل والأخرى سوف تقص كنموذج (بترون) لقطع الزجاج، كلا النسختان يمكـن القيـام بهما معاً باستخدام أوراق الكربون لصنع التصميم (شكل٢٥)، حيث يمكن المحافظة على تطابق الورق المجمع عن طريق الدبابيس أو شريط لاصق حتـى لا تتحـرك وتفسد عملية النسخ بالكربون، ثم يتم التحديد باستخدام قلم قـوى مـن الرصـاص (فينست أوبرين Vincent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٤٨).

**عملية تقطيع الزجاج:**

وفيها يتم تثبت كل قطعة منفصلة من النموذج على الورق، وتستخدم كبتـرون أو دليل عندما نقوم بقص قطع الزجاج التي تقابلها (شكل ٢٣) ويراعى في عمليـة القطع كما أوردها (فينست أوبرين (Vencint O’Brien, 1982):

" عند قطع خط مستقيم (شكل٢٦) عليك بوضع مسطرة أو Straightedge مع الإمساك بها جيداً في موقعها، وباليد الأخرى مر بالقاطع بطريقة ثابتة وأضـغط جيداً ولكن إلى حد ما بخفه، مع المحافظة أن يكون الضغط متساوياً من البدايـة حتى النهاية ودع كل زراعك وليس الرسغ والأصابع فقط تقوم بهذا العمل، مـع مراعاة عدم التراجع أبداً للخلف عند إجراء عملية القطع حيث أن ذلك يؤدي إلى تلف عجلة القطع" (ص٤٩).

- ويراعى قبل إجراء عملية القطع وضع عجلة القص في أحد مركبـات زيـوت البترول مثل الكيروسين أو النفط وذلك لكي تساعد على تسهيل حركة من القطع (دوران الترتره) المصنوعة من الصلب. وتتم عملية القطع كما أوردها (زيـنهم، ١٩٩٥م) كما يلي:
- توضع عجلة قطع الزجاج على الخط المراد قطعه بزاوية °45، وحين البدء فـي إجراء عملية القطع يجب أن يكون سن العجلة الصلب (الترتره) أو المـاس فـي وضع قائم على سطح الزجاج المراد قطعه (شكل٢٦-أ)، مع الضغط عليها قليلاً إلى أسفل وسحب العجلة في اتجاه الخط المراد قطعه بحيث يظل الخط مرئياً أمام العين، ويجب ألا يصل سن العجلة إلى حافة المسطح الزجـاجي مباشـرة، بـل يراعى أن يكون هناك فاصل أقل من المليمتر.
- تجرى عملية طرق خفيفة على خلفية الزجاج من بداية خط القطع وذلك يظهـر عجلة القطع، ولسوف ينكسر الزجاج بطريقة مستوية ونظيفة على طول الخـط. (شكل ٢٦-ب).

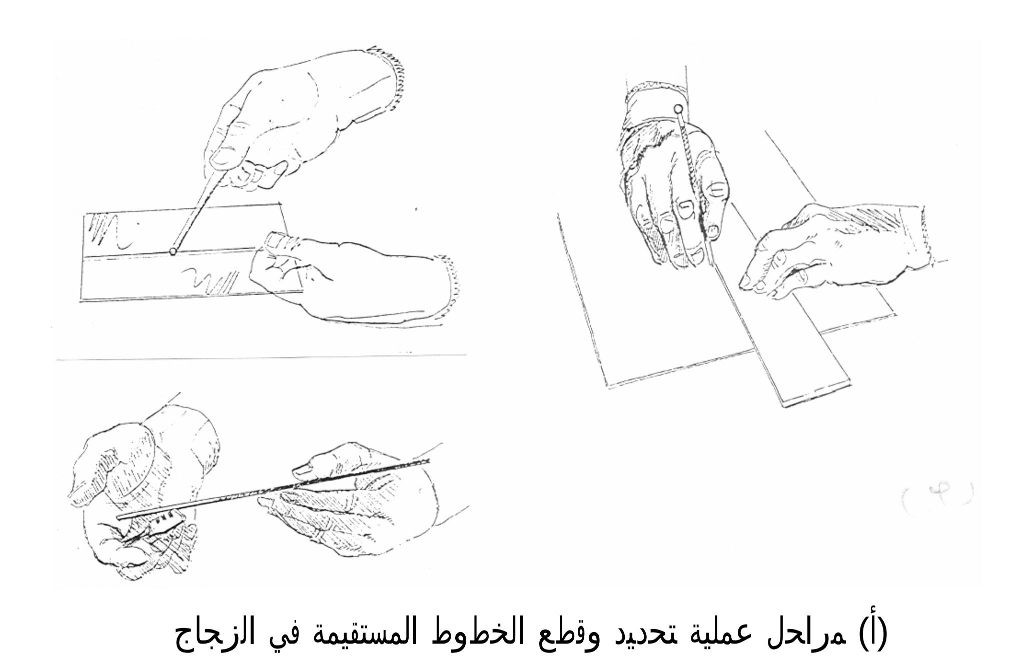



(شكل ٢٤) منضدة الإضاءة

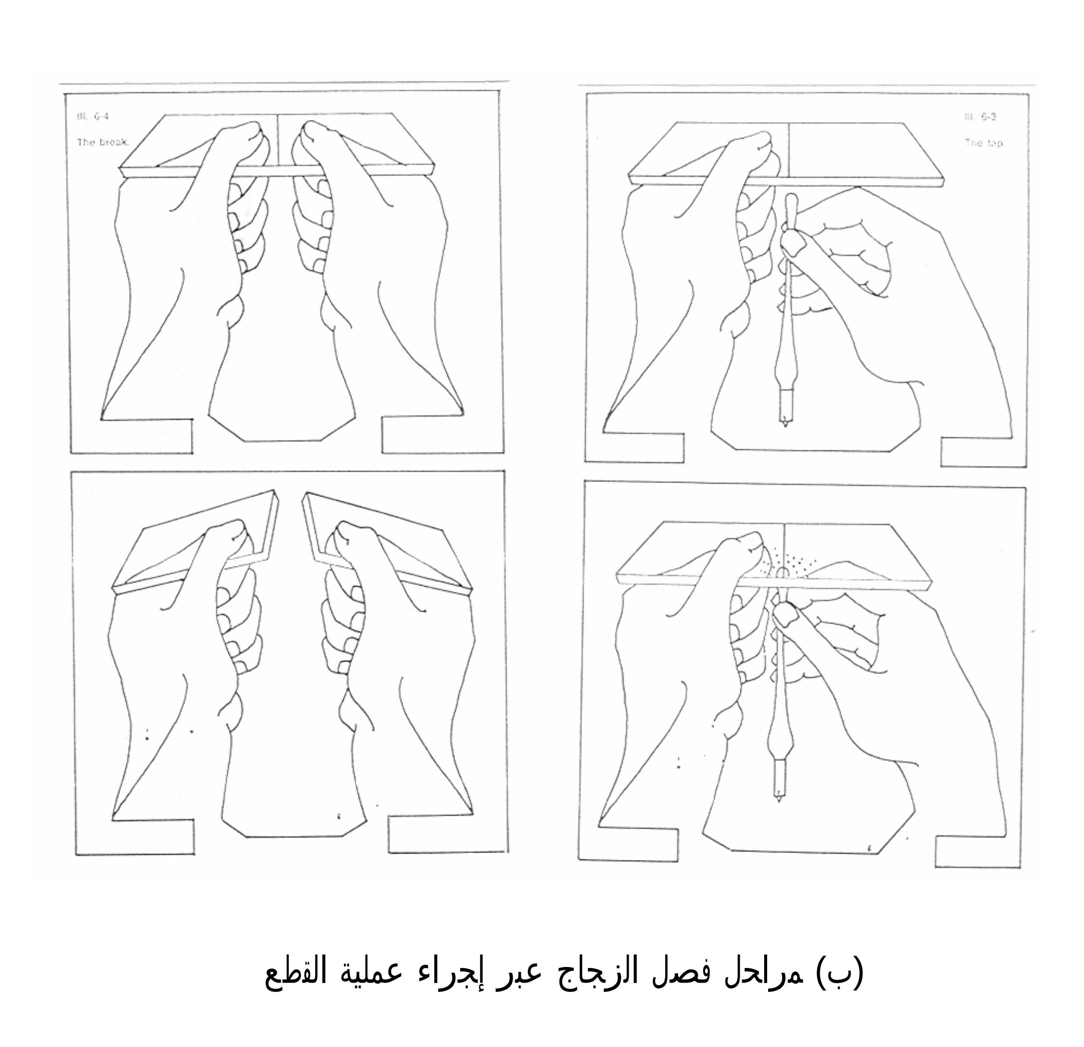
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٣٠

1 Cartoon paper
2 Carbon paper
3 Work drawing
4 Carbon
5 Pattern paper

(شكل ٢٥) إعداد نماذج الكارتون ونسخها باستخدام أوراق الكربون



(أ) مراحل عملية تحديد وقطع الخطوط المستقيمة في الزجاج




(ب) مراحل فصل الزجاج عبر إجراء عملية القطع

(شكل ٢٦) مراحل قطع وفصل الزجاج

- تفصل قطعة الزجاج بالضغط إلى أسفل باليد في الاتجاه المعاكس لخط القطع إذا كان الزجاج أقل من ٤ مليمتر (شكل ٢٦-ب)، أما إذا زاد عن ذلك فيجب وضع مسطرة من الخشب أسفل خط القطع مع الضغط على أحد الجوانب وتثبيت الجانب الآخر حتى تحدث عملية فصل الزجاج (ص٥٦، ٥٧).

أما في حالة قطع المنحنيات (شكل٢٧) فيضيف (فينست أوبرين Vencent O'Brien, 1980):

"عندما تقوم بقطع بعض المنحنيات الكبيرة نتبع نفس التعليمات السابقة في قطع الخطوط المستقيمة، أما بالنسبة للمنحنيات الأصغر ذات النصف قطر الأصغر فمن الضروري أن نقوم بهذه العملية في عدة مراحل للقص، ويتم نزع كل قطاع أو جزء صغير بواسطة الكماشة Grozer حتى فصل إلى أقصى خط داخلي، ومن أجل قص دوائر كاملة فتستخدم أداة للقطع تشبه الفرجار (شكل٢٨) أو بترون جيد لقص دوائر ذات أقطار أكبر" (ص٤٩ – ٥٠).

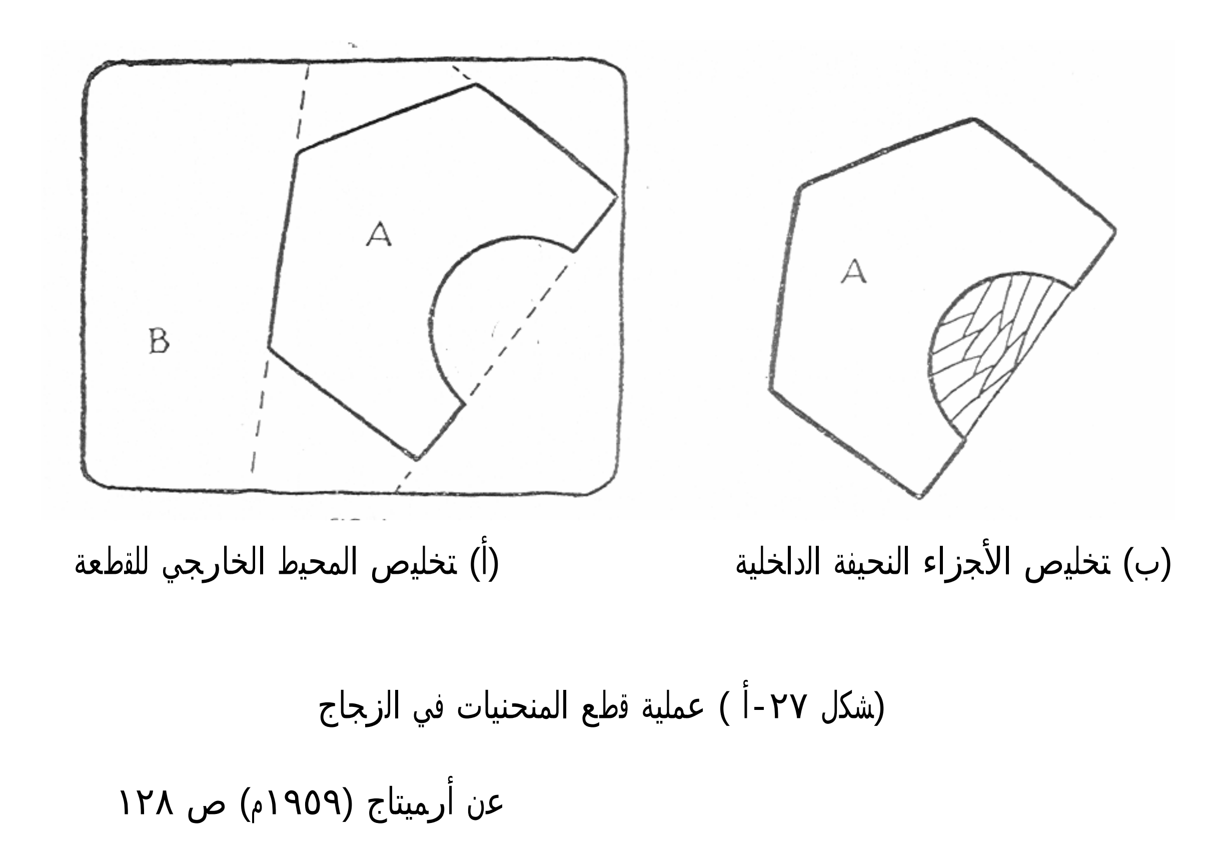
**إعداد سطح العمل للتجمع (التعشيق):**

لإجراء عملية التجميع يجب مراعاة ما يلي:

أولاً: رص قطع الزجاج على الرسم التنفيذي بعد إجراء عملية التجهيز سواء القطع أو التلوين.

ثانياً: - وضع الرسم التنفيذي (النسخة الثانية) الناتجة عن طباعة الكربون استعداداً لإجراء عملية التجميع عليها وتثبتها على منضدة العمل المعدة سابقاً من الخشب بحيث يراعى مساحة سمك الرصاص عند التجميع.

- يراعى أن تكون الزاوية في الجهة اليسرى حيث أن بداية التجميع يجب أن تكون من الجهة اليسرى لكي تساعد الفنان المنفذ على رؤية كل قطعة من الزجاج مجمعة مع التصميم، وذلك من خلال تثبت أعواد من الخشب سمك ½ بوصة × عرض ١بوصة باستخدام مسامير قصيرة لعمل تلك الزاوية.




(أ) تخليص المحيط الخارجي للقطعة

(ب) تخليص الأجزاء النحيفة الداخلية

(شكل ٢٧-أ ) عملية قطع المنحنيات في الزجاج

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٢٨



(شكل ٢٧-ب ) أداة قطع الدوائر في الزجاج

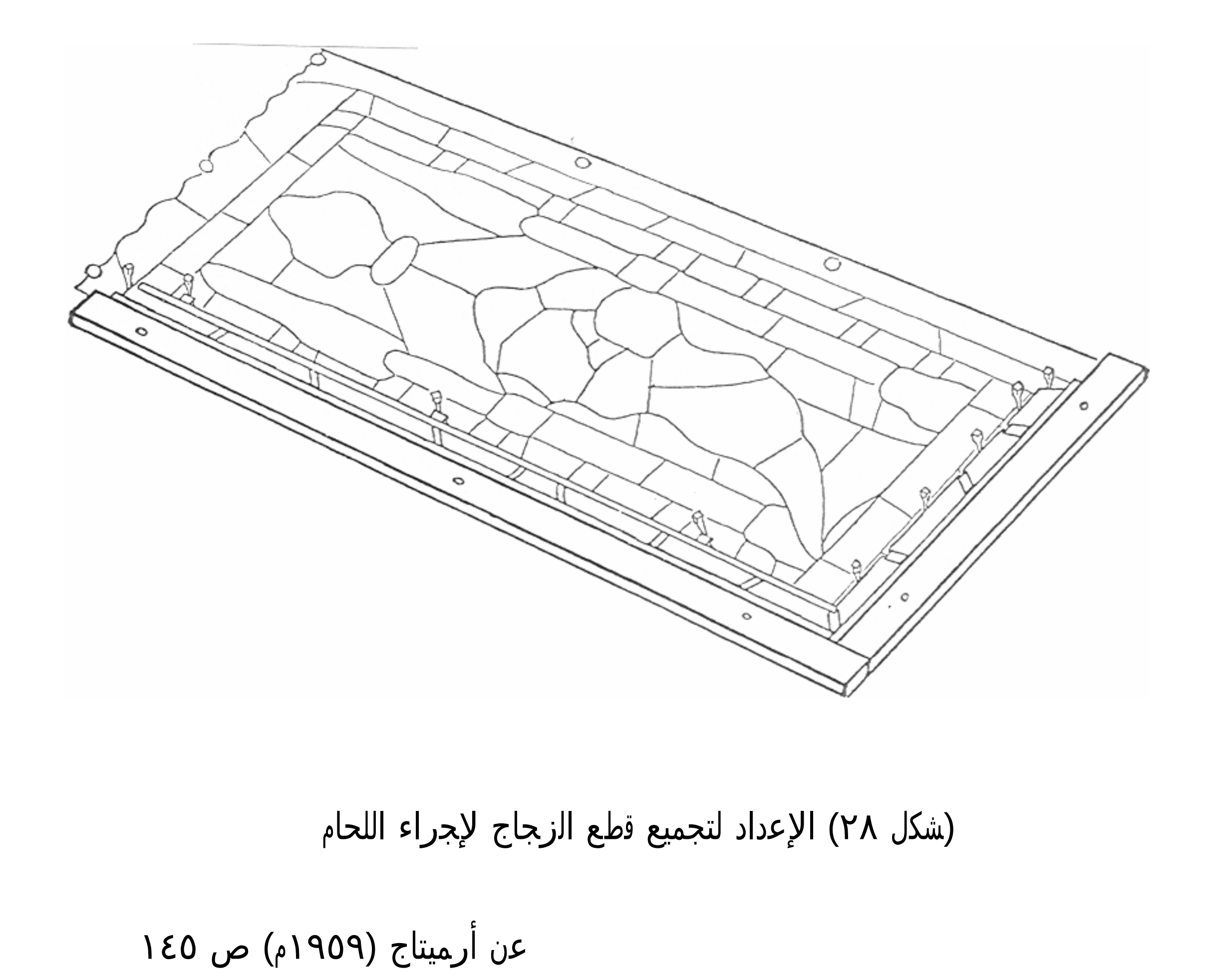
عن دينكان (١٩٧٥م) ص ٣٨

ثالثاً: نبدأ عملية تجميع قطعتان من أعواد الرصاص مقاس ٨/٣ بوصة إحداهما يمتد على جانب الرسم والآخر عبر الجزء السفلي، مع ملاحظة قطع الرصاص بطـول كافي ليغطي كلاً إلى نسبة الجانب الأيسر والجانب السفلي مع ترك مسافة صـغيرة كزيادة (شكل٢٨).

**إعداد مكان العمل:**

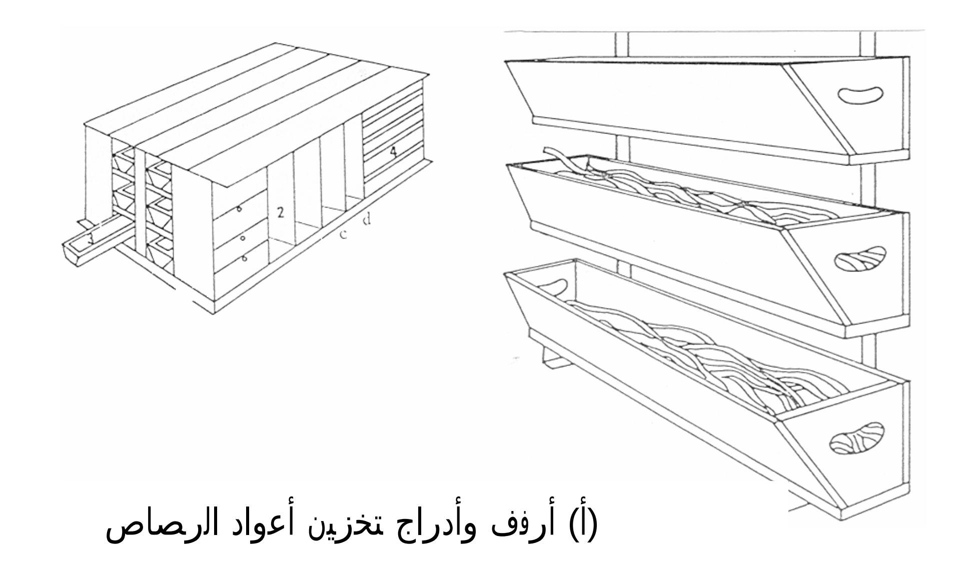
من الأهمية إعداد المكان الذي تعمل فيه عند تنفيذ عمل فنـي مـن الزجـاج والرصاص وكذلك مساحة التخزين التي تحتاجها ويراعى أن تكون المنضدة التـي تعمل عليها ألا تكون من النوع الثقيل، ولكن لابد وأن تكون ذات متانة قوية حتى لا تهتز بسهولة كما يراعى أيضاً أن يكون ارتفاع المنضدة أطول بقليل عن المنـضدة العادية حتى تعمل بارتياح ولا تكون مضطراً للانحناء وإمكانية التحـرك بـسهولة حول العمل الفني ورؤيته من جميع الزوايا، وبدلاً من استخدام عـدة أدراج ملحقـة بالمنضدة أو دولاب صغير لوضع الأدوات التي تستخدمها أو التي تخزنهـا يمكـن استخدام اثنان من الصناديق ذات الوزن الخفيف والغير عميقة حتى يمكنـك حملهـا بسهولة من مكان لآخر، وتكون دائماً في متناول اليد ويمكن أن نطلق عليهـا اسـم الأدراج المتحركة أو المحمـولة، كما يجب أن يزود المكان برف تخزين الرصاص والزجاج (شكل٢٩) حسب اللون والنوع" (فينسنت أوبرين، ١٩٨٢، ص ٤٩).

- تبدأ عملية شد الرصاص عن طريق حبس إحدى نهايته داخل إحدى طرفي آلـة الشد وتقبض بقوة على النهاية الأخرى باستخدام الزرادية ثم القيام بشد وسـحب الرصاص (شكل١٣)، ويراعى قبل سحب الرصاص تسوية أيـة انحنـاءات أو طيات والتأكد من أن عرق الرصاص مستقيماً في اتجاه السحب، وبطريقة القياس التقريبي فإن الرصاص يمكن أن يتمدد من ½ إلى ١ بوصة لكل قدم، وبعـد أن يتمدد الرصاص سوف نلاحظ أن عرق الرصاص يكون مـشدوداً جيـداً، مـع ملاحظة أن كل عروق الرصاص التي سوف تستخدم حتى في الخطوط المنحنية أو الدوائر يجب أن يتم شدها جيداً (فينست أوبـرين Vencent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٤٥- ٥٥.



(شكل ٢٨) الإعداد لتجميع قطع الزجاج لإجراء اللحام

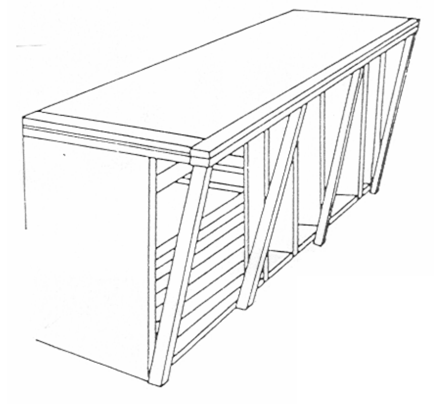
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٤٥



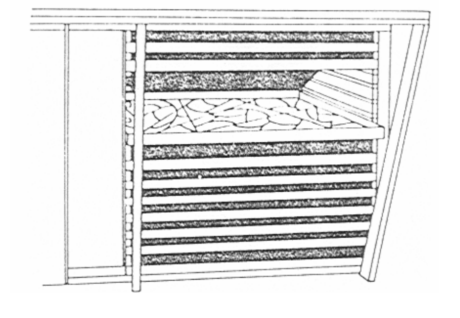
(أ) أرفف وأدراج تخزين أعواد الرصاص

(شكل ٢٩) أشكال للأرفف والأدراج المستخدمة لتخزين أعواد الرصاص وألواح الزجاج

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٠٤- ١١٢



(ب) أرفف تخزين ألواح وقطع الزجاج



- يتم عملية فتح الرصاص عن طريق الفتاحة وإزالة الزوائـد وقطـع الرصـاص بسكين القطع، مع مراعاة أن يكون طول عود الرصاص أقل من خط القطع المتلاقي مع عود آخر بضعف سمك هذا العود حتى لا يتم التحام وضغط أعواد الرصـاص فوق بعضها (شكل٣٠)، وإجراء عملية تعشيق لكل قطعة على حدة مع تثبيت مؤقت باستخدام المسمار الصغير (شكل٣١)، وإزالة المسمار كلما اسـتمر التعـشيق فـي الجزء الذي يليه إلى أن تتم عملية تعشيق الوحدة التصميمية جميعها، وبعد ذلك يجب إحضار زاوية من الخشب ووضعها مقابل زاوية التعشيق وتثبتها اسـتعداداً لعمليـة اللحام (زينهم، ١٩٩٥، ص ٥٩- ٦٠).

**اللحـام:**

يستخدم في عملية اللحام أعواد لحام وخليط من القصدير والرصـاص يطلـق عليه (٦٠- ٤٠) والتي تشير إلى نسبة ٦٠% قصدير و٤٠% رصـاص، وتكـون ملفوفة على بكرة سمكها ٨/١ بوصة، وفي الأعمال الصغيرة فإن اللحـام ٥٠- ٥٠ يكون كافياً ولكن في اللوحات والأعمال الكبيرة الحجم يكون اللحام ٤٠- ٦٠ أفضل وأكثر قوة (فينست أوبرين Vencent O'Brien) ص ٥٦.

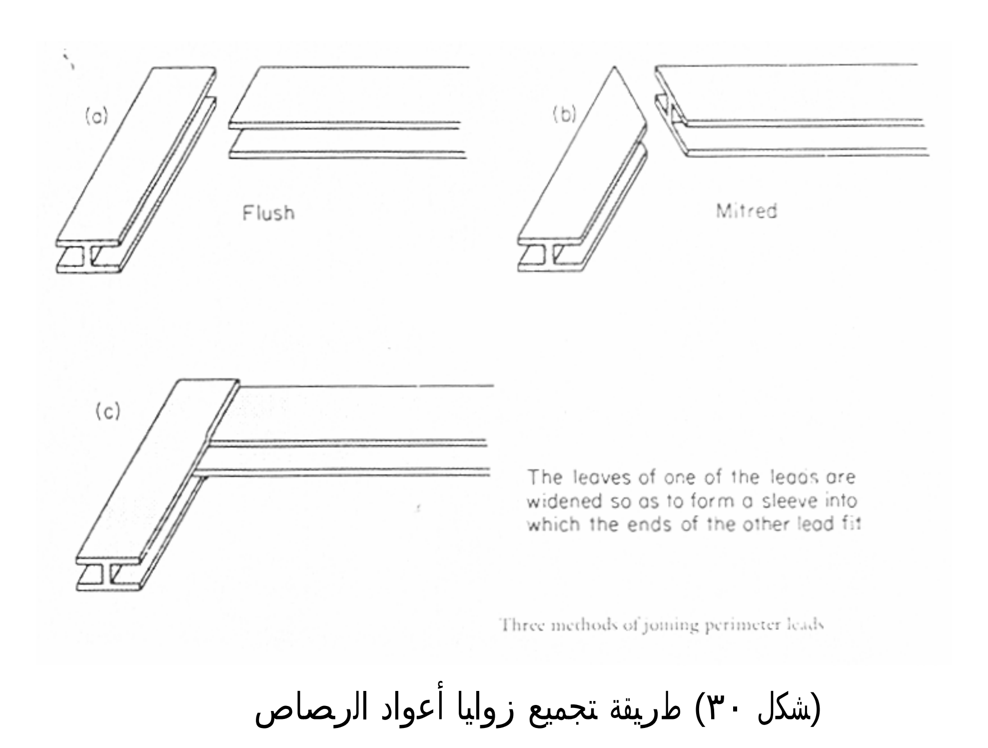
ويضيف (فينست أوبرين، ١٩٨٢) أن هناك ثلاثة نقاط يجـب تـذكرها عنـد إجراء عملية اللحام:

١- إذا لم يسيل اللحام فذلك بسبب أن الحديد- مكوة اللحام- باردة (شكل٣٢-أ).

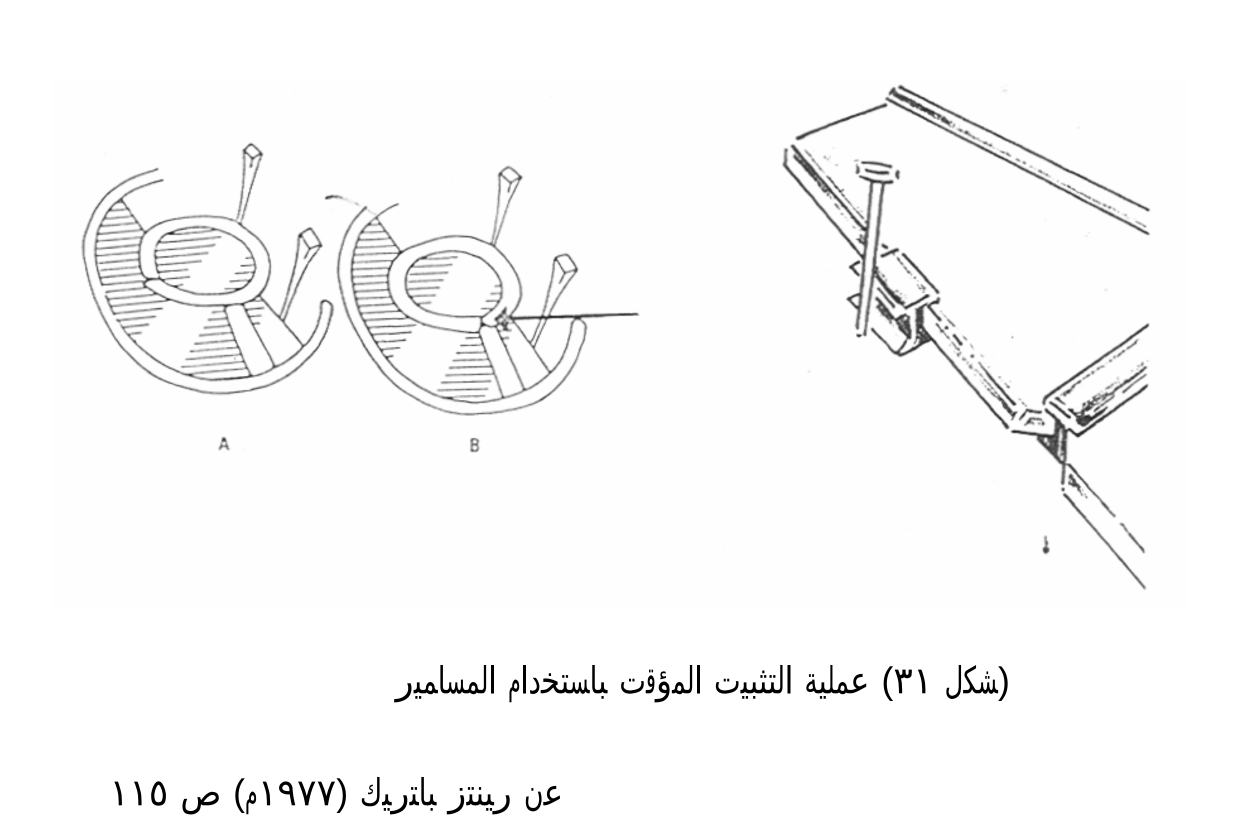
٢- إذا كان لحام الحديد – المكواة- يجعل عرض-سمك- الرصاص يـسيح فـذلك بسبب أن المكواة ساخنة جداً (شكل ٣٢-ب).

٣- إذا كان اللحام يسيل على شكل قطرات صغيرة فذلك يراجع إلى عدم اسـتخدام مزيل الأكسدة Flux ص ٥٦.

ولإجراء عملية اللحام يرى (زينهم، ١٩٩٥) مراعاة الخطوات التالية:

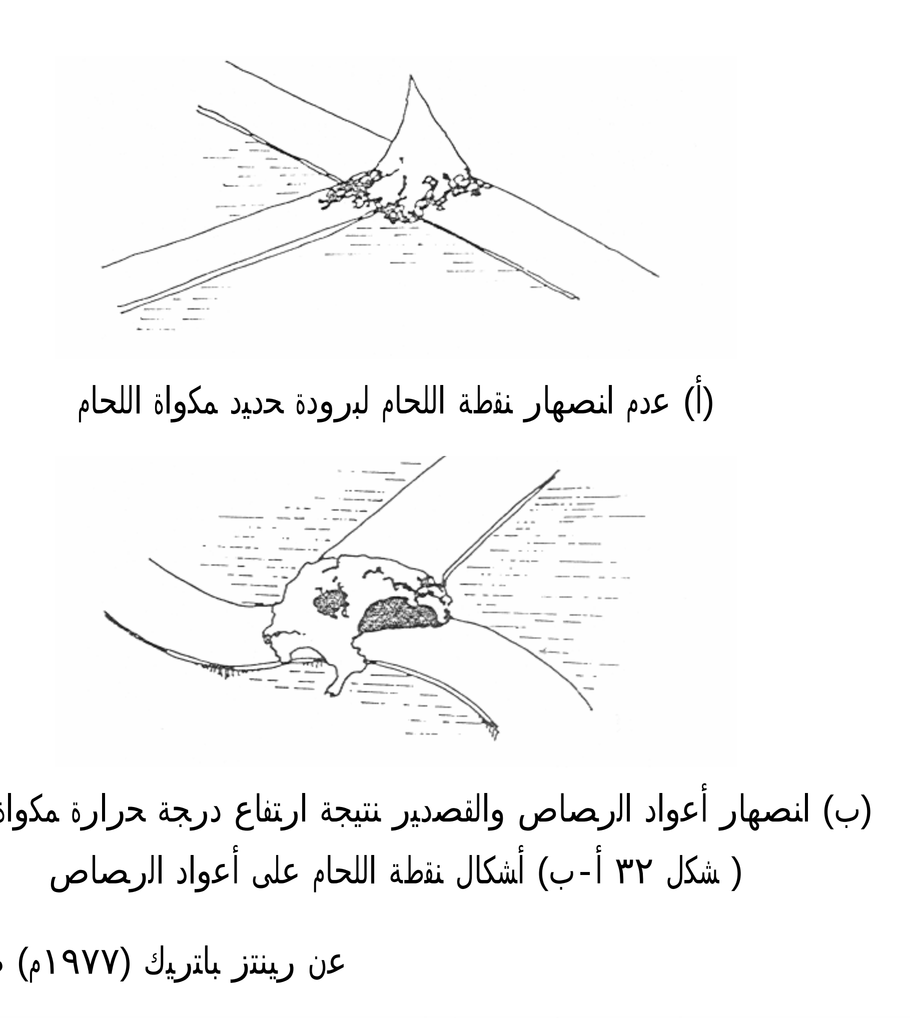



(شكل ٣٠) طريقة تجميع زوايا أعواد الرصاص




(شكل ٣١) عملية التثبيت المؤقت باستخدام المسامير

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١١٥

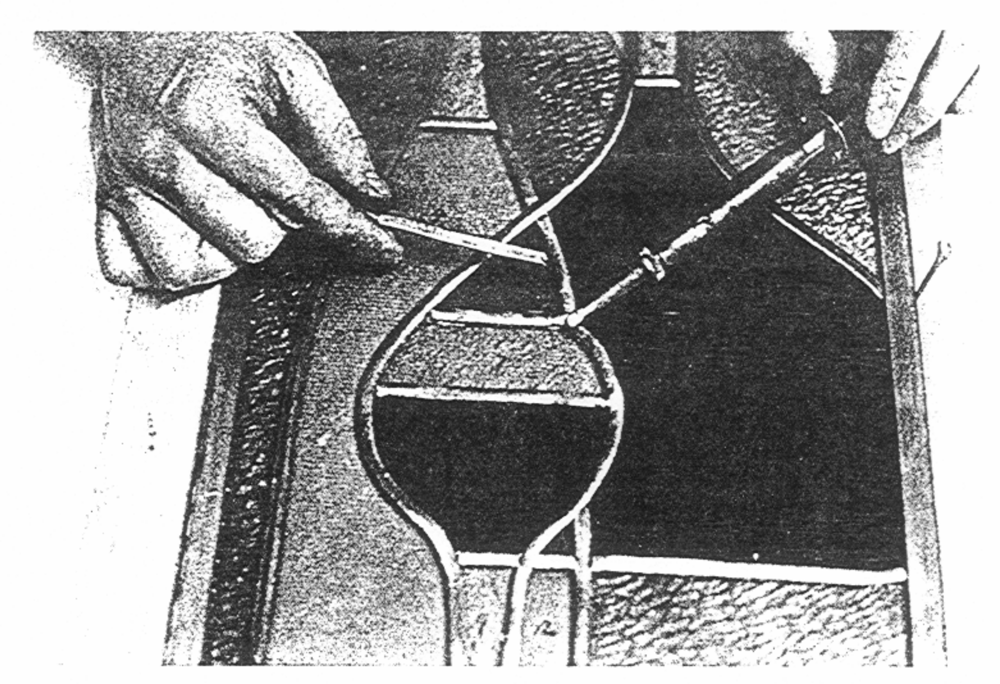


(أ) عدم انصهار نقطة اللحام لبرودة حديد مكواة اللحام

(ب) انصهار أعواد الرصاص والقصدير نتيجة ارتفاع درجة حرارة مكواة اللحام

( شكل ٣٢ أ-ب) أشكال نقطة اللحام على أعواد الرصاص

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٢٠



Soldering the joint. Place the solder directly over and on the joint and bring the bit down vertically onto it

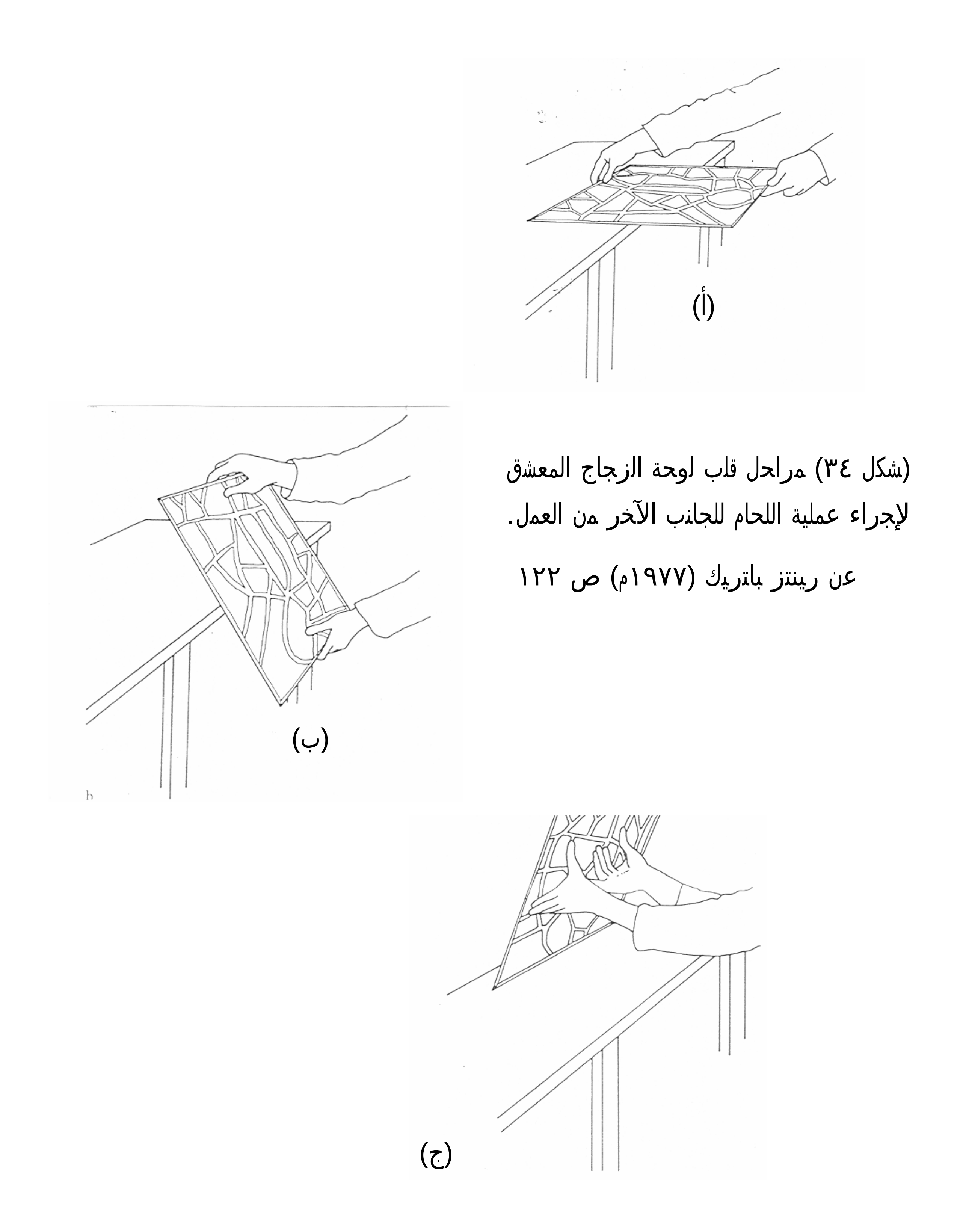
(شكل ٣٣) عملية التعشيق واللحام

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ٨١

أولاً: صنفرة الأجزاء المراد لحامها من أكسدة الرصاص بعد تعرضه للجـو فتـرة طويلة، مما يعمل على إعطاء سطح غير متساو عند اللحام ولذلك يراعى صـنفرة القطعة المراد تركيبها للتأكد من عملية الأكسدة ولإعطاء سطح لحام متساو.

ثانياً: إذا وجدت بعض الفواصل من الرصاص عند التعشيق لم يتم تقابلها مع بعضها البعض، فيجب العمل على وصلها عن طريق قطع أجزاء صغيرة مـن الرصـاص وحشوها في تلك الفواصل حتى تتقابل أعواد الرصاص مع بعضها قبل عملية اللحام (ص٦٠).

- ويتم تنظيف وصلات الرصاص قبل عملية اللحام باستخدام فرشاة سـلك ناعمـة صغيرة، أو بواسطة فرشاة صغيرة يوضع كمية من حمض الكبريتيك (ماء النار) Flax ليساعد على تنشيط اللحام وإزالة المواد العالقة بالرصاص والتي تعمل على إعاقة عملية اللحام.
- تجرى عملية اللحام (شكل ٣٣) باستخدام القصدير الذي يسيل عند درجة حرارة منخفضة عن الرصـاص، إذا أن أدنى درجة انصهار لمركب اللحام المكـون من ٦٢% القصـدير و٣٨% رصاص تنصهر عند درجة ٣٦١ فهرنهيت (١٨٣ درجة مئوية) (فنيسنت أوبرين Vencent O'Brien، ١٩٨٢، ص ٥٧) ويراعـى أن يتم اللحام بإتقان والعمل على تسويته جيداً وإزالة الرايش العالق به.
- بعد أن يتم لحام أحد جانبي اللوحة يتم نزاع الشرائط الخشبية الرقيقة التي تثبـت زاوية اللوحة مع الحرص عند قلب اللوحة حيث لا زالت فـي حالـة هـشاشة، والطريقة الصحيحة هي سحبها على لوحة من خشب الأبلاكاج Polywood ثـم وضع قطعة من نفس الحجم فوق اللوحة حتى يمكن قلب اللوحة ليتم لحام الوجه الآخر على منضدة التعشيق وإجراء عملية اللحام (شكل٣٤) (زينهم، ص ٦٠).




(شكل ٣٤) مراحل قلب لوحة الزجاج المعشق لإجراء عملية اللحام للجانب الآخر من العمل.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ١٢٢

**المعجـون:**

يصف (زينهم، ١٩٩٠) تركيبه كالتالي:

"هوعبارة عن عجينة مكونة من الأسبيداج + أكسيد الحديد الأحمر (الـسيلقون) مع وسيط يكون من زيت بذر الكتان المغلي، وقليل من الغراء وتخلط العجينـة جيداً حتى تصبح ذات قوام متماسك، وبعد ذلك يضاف إليها القليل من الألـوان الترابية السوداء حتى تعطي لوناً داكناً مثل لون الرصاص تقريباً، وهناك أنواع من هذا الخليط تباع جاهزة في عبوات صغيرة، وفائدة هذا المعجون هـو ملـئ الفراغ الناتج عن تجميع الزجاج والرصاص (شكل٣٥ ) والواقع بـين حـافتي الرصاص وسمك قطعة الزجاج، ويعمل المعجون على تقوية وتماسك الحـشوة الزجاجية " (ص٩٣).

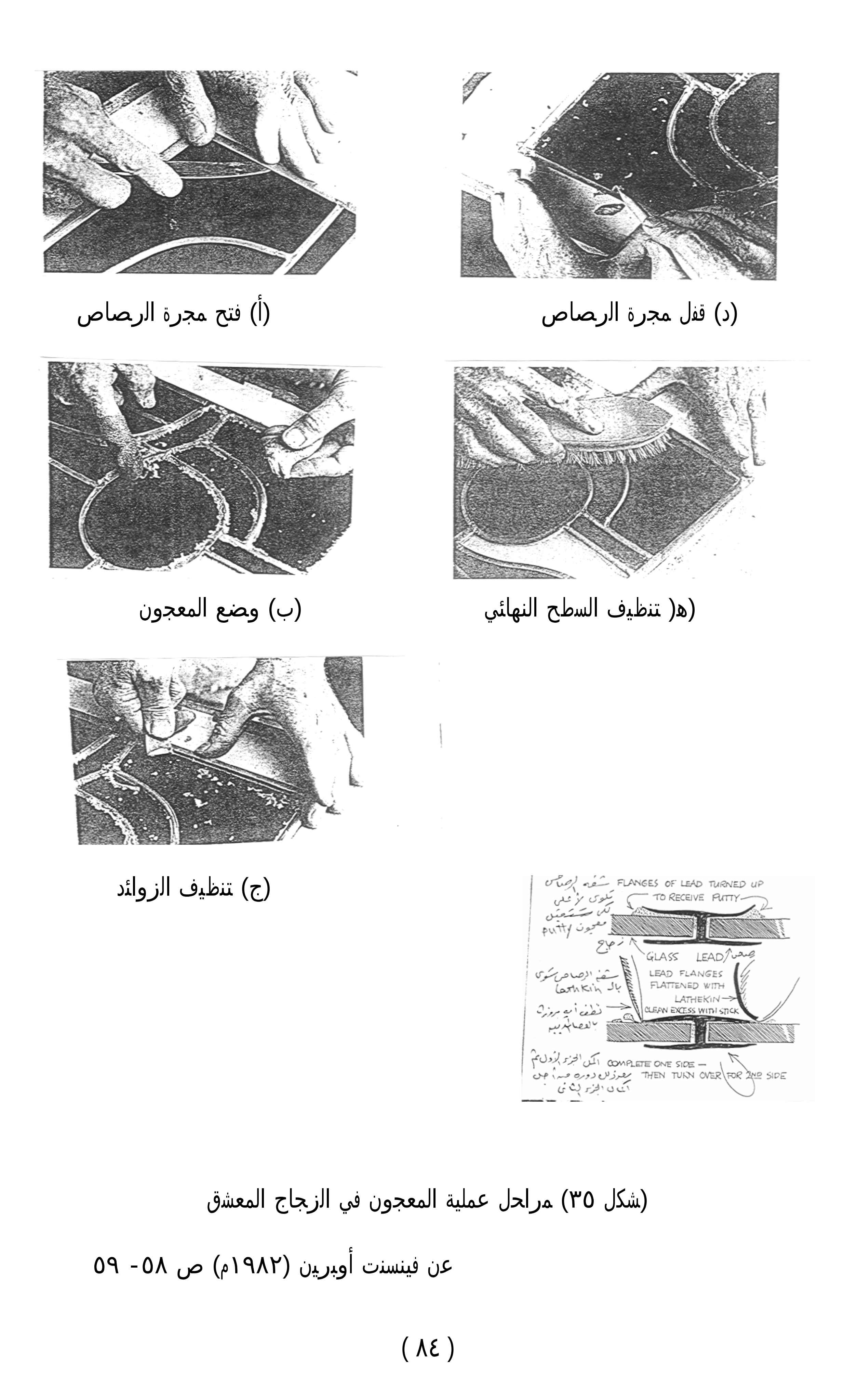
ولإجراء عملية المعجون يجب اتباع الخطوط التالية:

١- وضع كمية قليلة من المعجون على الحشوة والضغط عليها في اتجـاه أعـواد الرصاص (شكل٣٥)، أما عن طريق الإصبع أو عن طريق أداة فتح الرصاص الخشبية المستعملة لفتح وتسوية الرصاص، وتجرى هذه العملية إلـى أن يـتم معجنة الحشوة كلها.

٢- تحضر قطعة من الخشب على هيئة القلم الرصاص مدببة مـن الحافـة وذلـك لإجراء عملية التنظيف من المعجون العالق بالزجـاج والزوائـد مـن أعـواد الرصاص، ويفضل الخشب عن المعدن لما يسببه من خدش للزجاج.

٣- يرش سطح الحشوة بمادة التبييض (الاسبيداج أو الزنك) وتجرى عليها عمليـة دعك بالفرشاة الخاصة بذلك حتى تساعد على تخلل المعجون داخل الفراغـات وتساعد أيضاً على عملية التنظيف الجيد والتلميع، بعد ذلك يعاد إجـراء نفـس العملية على الوجه الآخر.

بانتهاء عملية المعجون والسمنت تنظيف الحشوة وترك لمدة ٢٤ساعة لكي يتم جفافها جيداً وتصبح الحشوة المجهزة من الزجاج المؤلف بالرصاص معدة للتركيب" (زينهم، ١٩٩٥، ص ٦٢- ٦٣).




(أ) فتح مجرة الرصاص

(د) قفل مجرة الرصاص

(ب) وضع المعجون

(هـ) تنظيف السطح النهائي

(ج) تنظيف الزوائد

(شكل ٣٥) مراحل عملية المعجون في الزجاج المعشق

عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢م) ص ٥٨- ٥٩

**الزجاج المؤلف بالنحاس:**

استخدمت هذه التقنية كما ترى (هوايد عبد الغفار، ١٩٩٩م) في:

" تنفيذ التصميمات سواء الكبيرة أو الصغيرة ومميزاتها تتيح للفنان عمل قطع داخل التصميم صغيرة جداً، وقد ظهرت تلك التقنية في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين ونمت على يـد تيفنـي Tiffany بالولايـات المتحـدة الأمريكية، وهي تتلخص في لف شرائح النحاس الرقيقة حول قطع الزجاج مـن الحروف وتوضع قطع الزجاج بجوار بعضها البعض حسب التصميم" ص٢١٨.

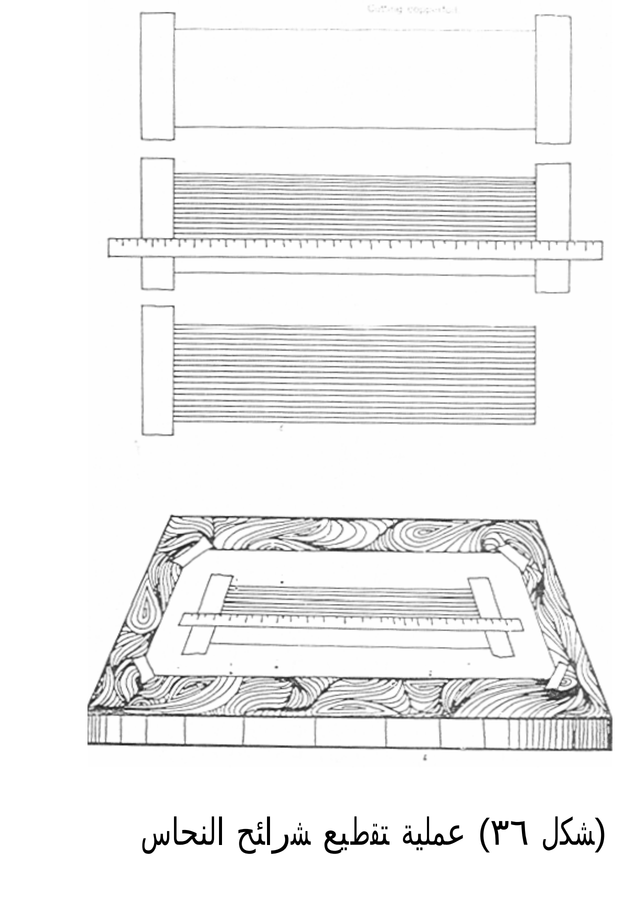
ويقوم الفنان بعملية اللحام بسبيكة من القصدير وقد أتاحت للفنان أن يـدخل بتصميمه قطع صغيره تتيح له إنجاز منحنيات شديدة داخل التصميم.

وهذه الرقائق متاحة إما على شكل ألواح يتم تقطيعها (شكل٣٦) أو على شـكل بكرات ذات شريط صغير (شكل ٣٧)، ويضيف أن الأكثر شيوعاً من تلك الشرائط النحاسية هو النوع الضيق ذو الظهر اللاصق ويمكن سحبه من البكرة وتطبيقه على حافة الزجاج، وعندما نريد وصل قطعتين من الزجاج يدهن النحاس بفرشـاة بهـا مساعد اللحام flux، وبعد ذلك يمر باللحام فوق الأسطح النحاسية المتجاورة رابطـاً إياها معاً (شكل٣٨) وبهذه الطريقة فإن الأسطح المنحنية مثلها في ذلك مثل القطـع الزجاجيـة المنحنية يمكن أن نربطها معاً بسهولة (عنايـات المهـدي، ١٩٩٥، ص ٤١- ٤٢).

**التجهيزات والخامات الخاصة بهذه التقنية:**

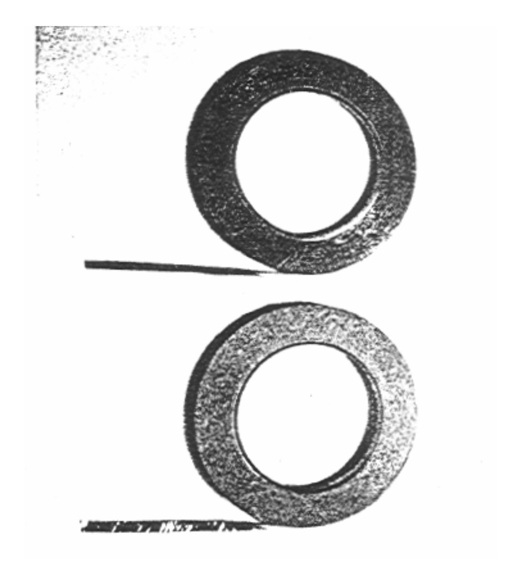
ويمكن إيجاز تلك التجهيزات فيما يلي:

١- يقطع الزجاج حسب التصميم المقترح مع مراعاة تنعيم حـواف تلـك القطـع بصنفرة الحافة بآلة الشحذ الكهربائية أو بالحجر اليدوي حتـى يتناسـب تمامـاً الجزء الداخلي أو الأجزاء الداخلية والملاصقة لها.



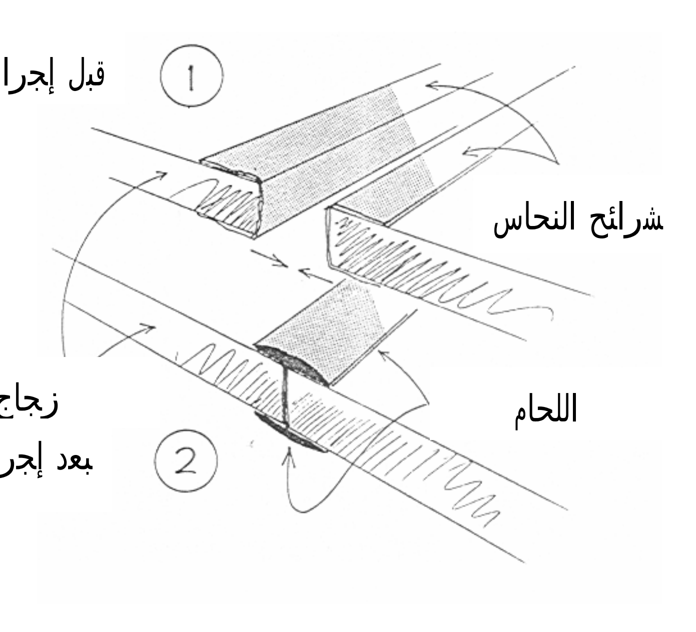
(شكل ٣٦) عملية تقطيع شرائح النحاس

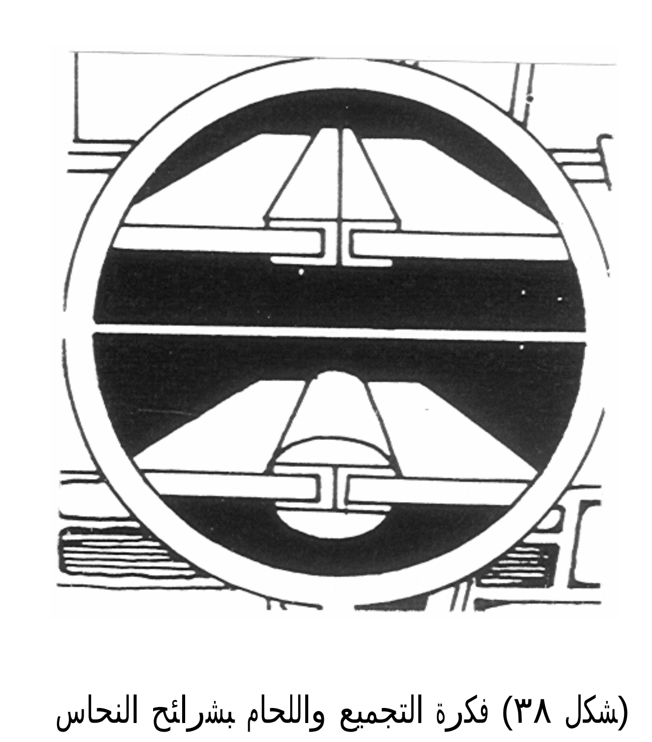
عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٦



(شكل ٣٧) لفات شرائح النحاس ذات اللاصق الذاتي

عن دينكان (١٩٧٥م) ص ١٧٦



(شكل ٣٨) فكرة التجميع واللحام بشرائح النحاس

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٥١

٢- تجمع قطع الزجاج التي تم تنعيم حوافها وضبطها إلى جانب بعـضها حـسب النموذج.

٣- تحضير شرائح النحاس واسطوانة للضغط على شرائح النحاس وضبط جوانبها، تعرف باسم اسطوانة التطبيق Roiler latkin وهي عبارة عن رول خشب ذات يد تستعمل للضغط على حواف شرائح النحاس بأحكام على الزجاج. (عنايـات المهدي، ١٩٩٥، ص ٤١).

**عملية لف حواف الزجاج بشرائح النحاس Foiling:**

تلف شرائح النحاس التي على شكل شرائط حول حافة كل قطعة منفصلة من الزجاج (شكل٣٩)، وتكون حسب قاعدة اللحام ويتراوح عرضها من $\frac{٣}{١٦}$ ، $\frac{١}{٢}$ ولها شفه ملتوية لتحوي حافة الزجاج، ويراعى قبل استعمالها رفع الورق الذي فوقها بالتدريج قطعة صغيرة كل مرة بينما تلف الشرائح حول حواف الزجاج (عنايات المهدي، ص٤١).

**خطوات عملية اللحام:**

١- يتم ضبط قطع الزجاج الملفوفة بشرائح النحاس (المبـروزة) إلـى جانـب بعضها بعناية ويمكن استعمال دبابيس الضغط على طول الحواف الخارجية للاحتفاظ بها في أماكنها (شكل٤٠).

٢- وضع المذيب على شرائح النحاس (كلويد الزنك) مما يساعد على انتشار اللحام.

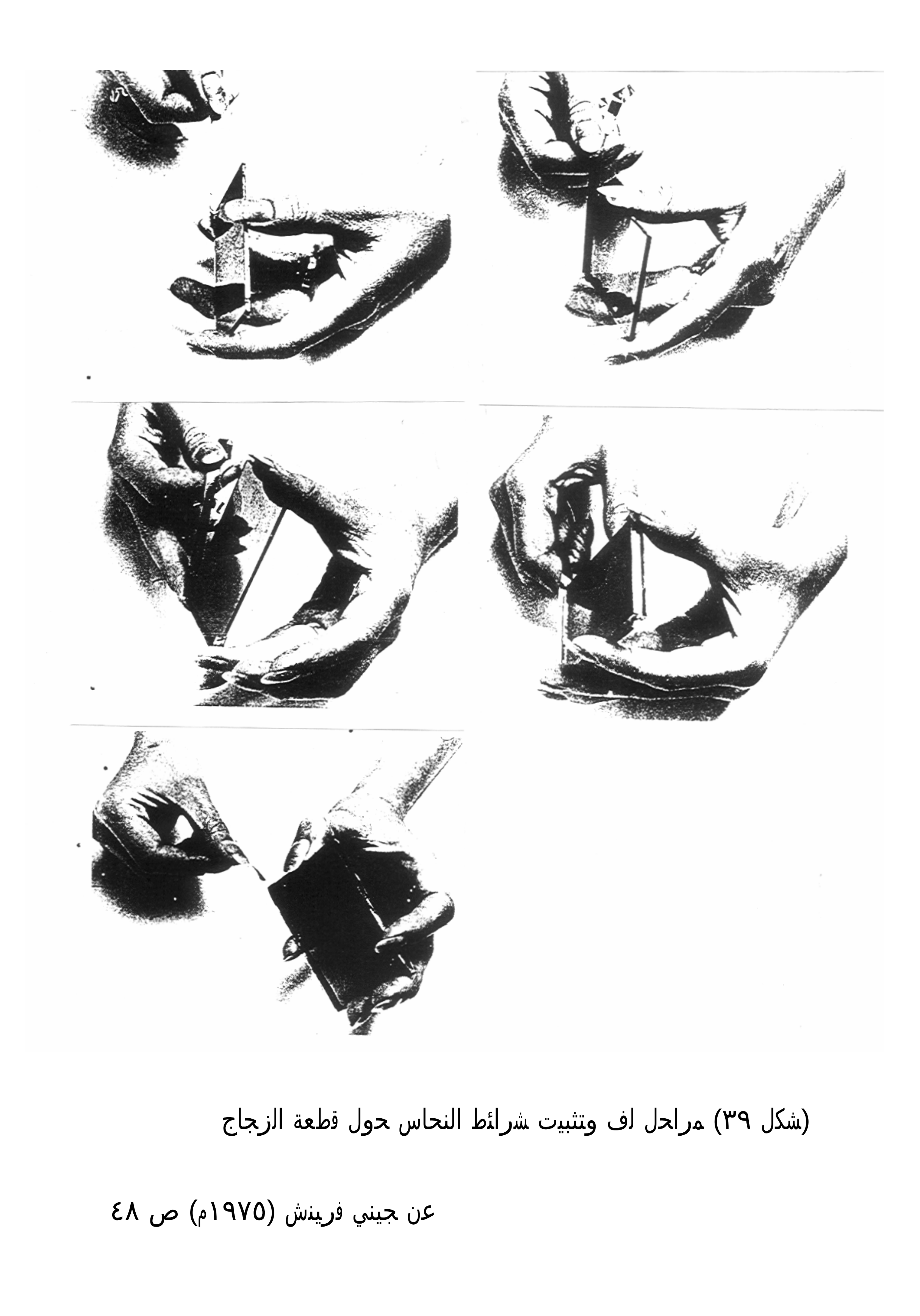
٣- خذ عند كل نقطة تقابل للقطع المختلفة للزجاج قليلاً من اللحام.

٤- ضع القصدير عند جميع خطوات الالتحام في كل جانب.

٥- يرى أن تتم عملية اللحام ببطء وعناية في كل خطوة من خطوات اللحام.

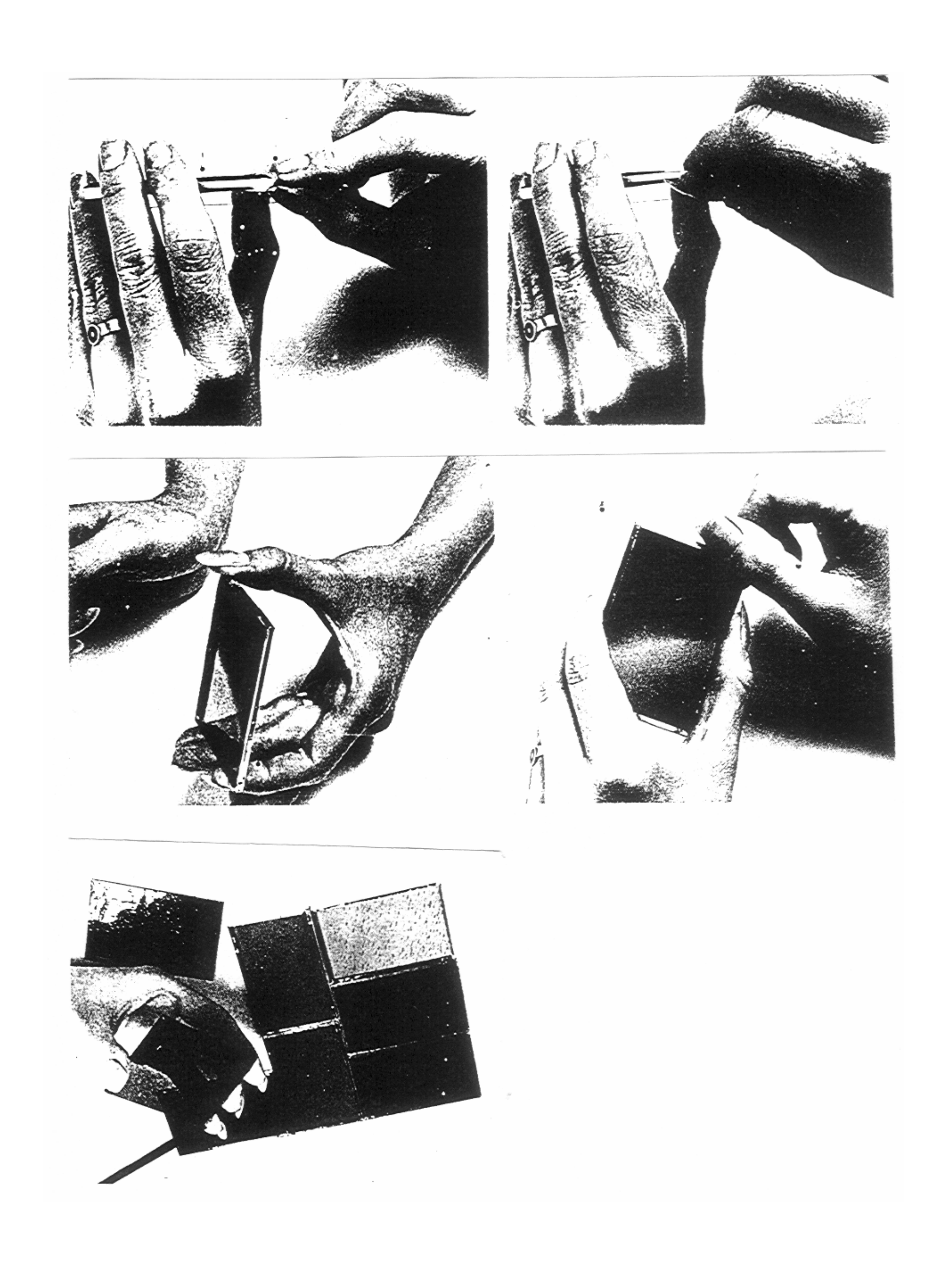
٦- يزال المذيب (مساعد اللحام) بالغسيل بسائل غسيل الصحون.

٧- يوضع إطار من الرصاص أو الزنك مع وضع التعليق في حالة الـضرورة (عنايات المهدي، ص ١٤- ١٥).



(شكل ٣٩) مراحل لف وتثبيت شرائط النحاس حول قطعة الزجاج

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٨



(شكل٤٠) مراحل إنهاء لف وتثبيت شرائط النحاس ووضع القطع في مكانها تمهيد لإجراء عملية اللحام

عن جيني فرينش (١٩٧٥م) ص ٤٩

**تقنية الرسم والتصوير في أعال الزجاج المعشق**:

يبدأ الرسم والتصوير كعنصر مكمل وذلك بإضافة التفاصيل اللازمة لإبراز التصميم، من تحديد الخطوط الخارجية للأشكال ومن رسم تفاصيل الوجود وطيات الملابس في حالة رسم الأشخاص، والوحدات الزخرفية والكتابات واستعمال اللون الواحد البني أو الأسود المعتم opaqae وينتج من إضافة أكسيد الحديد كمادة ملونة إلى مكونات الطلاء الزجاجي التي تتضح في الفرق وتلتصق بسطح الزجاج، ورغم بساطة هذه العملية التصويرية إلا أنها ذات أهمية لما تضيفه للعمل من ثراء وتنوع داخل وحدة تشمل التصميم كله، والأهم من ذلك أنها انتقلت بالزجاج من كونه فسيفساء شفافه إلى كونه عملاً له سماته الخاصة المميزة.

وتنقسم عملية إظهار الشكل المرسوم في أعمال الزجاج المعشق إلى مرحلتين هامتين تأتي الواحدة تلو الأخرى كما يلي:

١- الرسم الخطي Tracing: وتسمى أيضاً رسم الخطوط الأساسية كخطوط ملامح الوجه وخصلات الشعر الرئيسية وزخارف وطيات الملابس الأساسية، هذا بخلاف خطوط أعضاء الجسم الأساسية كأصابع اليد والقدمين أو الأظافر ولا ننسى خطوط الحلي والقلائد التي قد ترتديها الشخصية.

وتسمى عملية رسم الخطوط الأولية أو الأساسية- في أعمال الزجاج المعشق فقط Tracing، ويسمى الخط المرسوم بـ Trace line وليس Out line كما في أعمال الرسم الأخرى غير الزجاج.

٢- التصوير بالألوان أو التظليل Matting (التصوير بالظل والنور):

ومن الصعب تعريب وتعريف كلمة matting بالتحديد، فهي تعرف في اللغة التصوير بالألوان المكبية المطفأة، ولكنها معروفة في لغة التصوير على الزجاج بعملية التصوير بالألوان أو الصبغات أو الطلاءات، وهي العملية أو المرحلة الثانية التي تأتي بعد حرق الخطوط الأساسية في الفرن والتي تعرف بالرسم الخطي.

تحقق هذه العملية البعد الثالث وملامس الملابس والإحساس بالبشرة وتـشريح الجسم وتفاصيل الشعر- أي الظل والنور الساقط على الوجه والجـسم والملابـس والشعر وخامة الحلي....إلخ (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٣١).

**أولاً: الرسم الخطي**:

يلعب الخط دوراً هاماً وأساسياً في أي عمل فني، فهو المعبر عن الفكرة وهو الناقل للطبيعة سواء كان سميكاً أو رفيعاً مستقيماً أو منحنياً، ويعد رسـم الخطـوط الأساسية من العمليات الهامة جداً في تصوير الشكل، وغالباً مـا يـتم رسـم هـذه الخطوط الأساسية باللون الأسود مع الوسيط الذي يحقق مرونته على الزجاج وللفنان أن يختار بين:

- الصبغة أو اللون بمعنى أدق مع الماء والصمغ العربي.
- أو الصبغة مع الخل الذي لا يستخدم إلا في هذه العملية مع الصمغ العربي فقط ولا يستخدم إطلاقاً مع العملية التصويرية الثانية.
- أو الصبغة مع التربنتينا وإحدى الزيوت.
- من النادر استخدام سيلكات الصوديوم في التصوير بـصفة عامـة، وفـي المرحلة الأولى بصفة خاصة نظراً لصعوبة التصوير بها كمـا أوضـحنا، وإذا لزم الأمر فتستخدم فرشاة معينة والتي تسمى Ox hair.

ولا توجد أفضلية بين هذه الوسائط، حيث ترجع لإمكانية الفنان ورغبته وحبه للتصوير بوسيط معين.

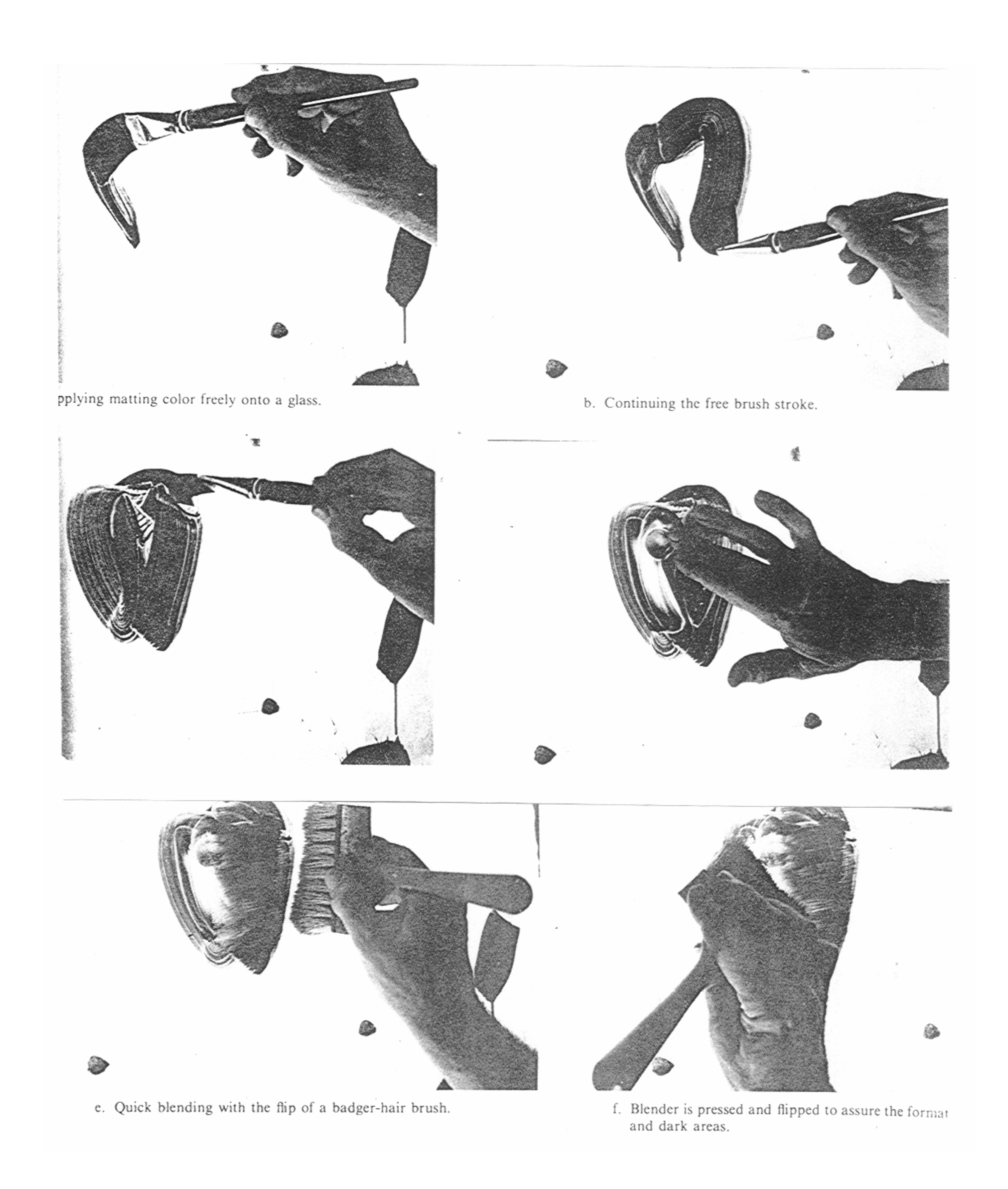
ويمكن للفنان وضع بعض نقاط من الجلسرين (في الماء أو الخل فقط) لضمان سريان الفرشاة بالخليط بانسياب، ويبدأ الفنان بعملية الرسم لخطوطه بعدها يأتي دور عملية الحريق لثبات اللون على الزجاج:

ولكي تتم هذه العملية بإتقان على الفنان مراعاة الآتي:

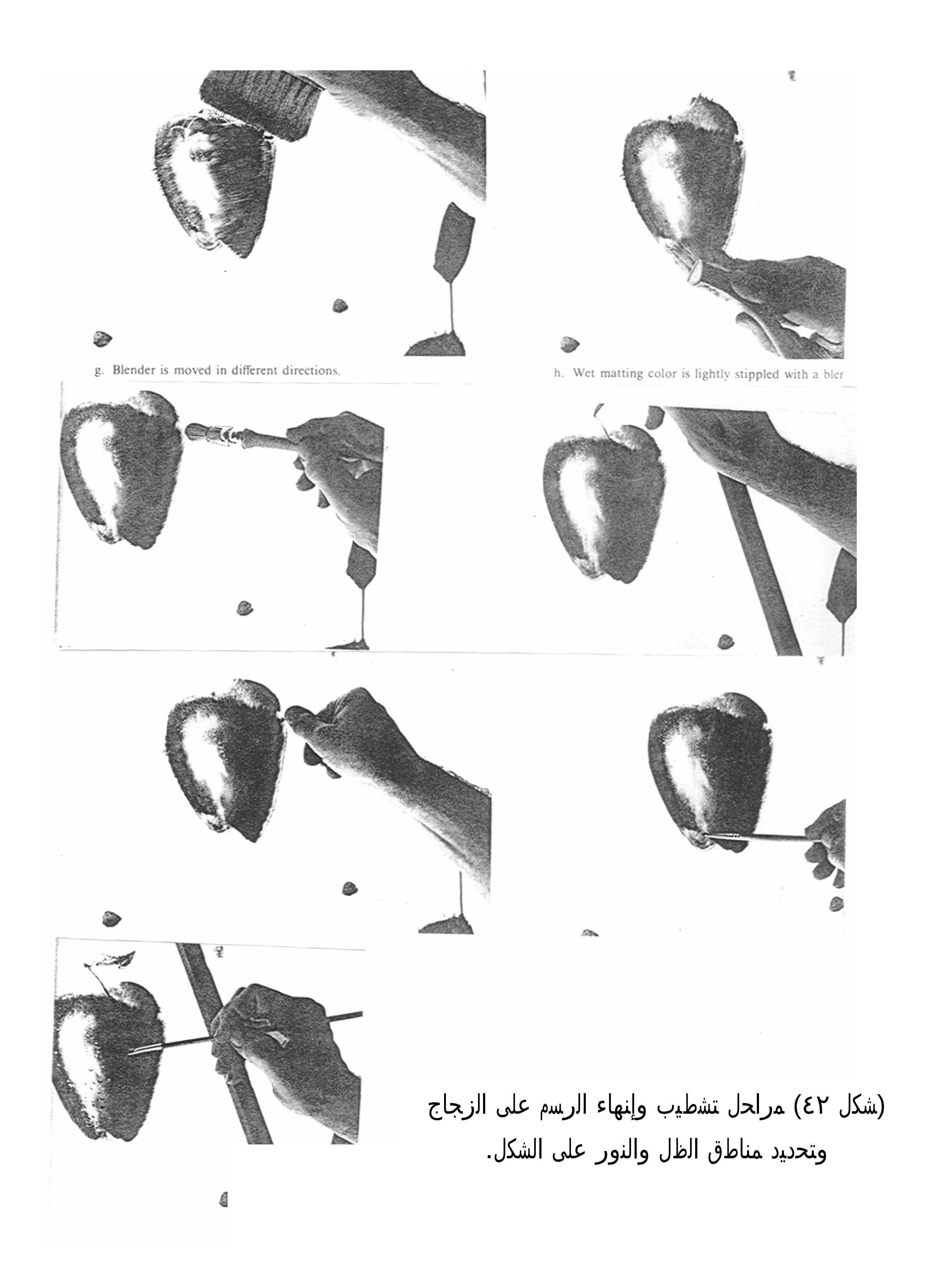
- أن يكون الخط رفيعاً دقيقاً بقدر الإمكان وذلك بواسطة الفرشـاة الخاصـة بهـذه العملية وليس معنى ذلك أن يكون الخط خفيف القوام، لأن الخط الخفيف القوام لن يثبت على الزجاج أثناء الرسم سواء قبل الحريق أو بعده، وإذا كان اللـون ثقيـل القوام فقد يتشقق ونرى آثاره بعد الحريق، إذن لابد لنا أن نتخـذ بينهمـا سـبيلاً وسطاً.
- أن تكون عملية الرسم سريعة جداً أي ما بين عشرة دقائق إلى خمسة عشرة دقيقة خاصة لو كان الوسيط تربنتينا.
- أن يكون التصوير بفرشاة بوضع عمودي – أي بزاوية °90- وذلك حتى لا تمسح الخطوط التي رسمت ولكي لا يتسخ الزجاج فتظهر آثار اليد بعد عملية الحريـق على هيئة بثرات وبقع، ولذلك يلجأ الرسامون إلى مسند خشبي.
- يراعى البدء من أعلى القطعة ثم أقصى اليمين ثم منتصف القطعـة ثـم أقـصى اليسار ثم أسفل.

فعلى سبيل المثال:

لو أردنا رسم صورة شخصية (بورتريه) فنبدأ بالشعر ثم الحاجـب الأيمـن فالأيسر ثم الإذن اليمنى فالعينان فالأنف ثم الفم وبعـدها الرقبـة... وهكـذا علـى التوالي.




(شكل ٤١) مراحل تنفيذ الرسم المباشر على الزجاج واستخدام فرش فرد اللون ثم استخدام فرش التسريح والمزج




(شكل ٤٢) مراحل تشطيب وإنهاء الرسم على الزجاج
وتحديد مناطق الظل والنور على الشكل.



(شكل ٤٣) كيفية استخدام الأصابع في فرد اللون
وعمل الملامس على سطح الزجاج.

**ثانياً: التصوير بالظل والنور:**

وهي – كما ذكرنا- المرحلة الثانية في عملية التصوير وهي التصوير بالظل والنور أو التنغيم، تأتي بعد حرق الخطوط الأساسية التي رسمت في المرحلة الأولى في الفرن الخاص بالحريق – والتي سيأتي الحديث عنه بالتفصيل-.

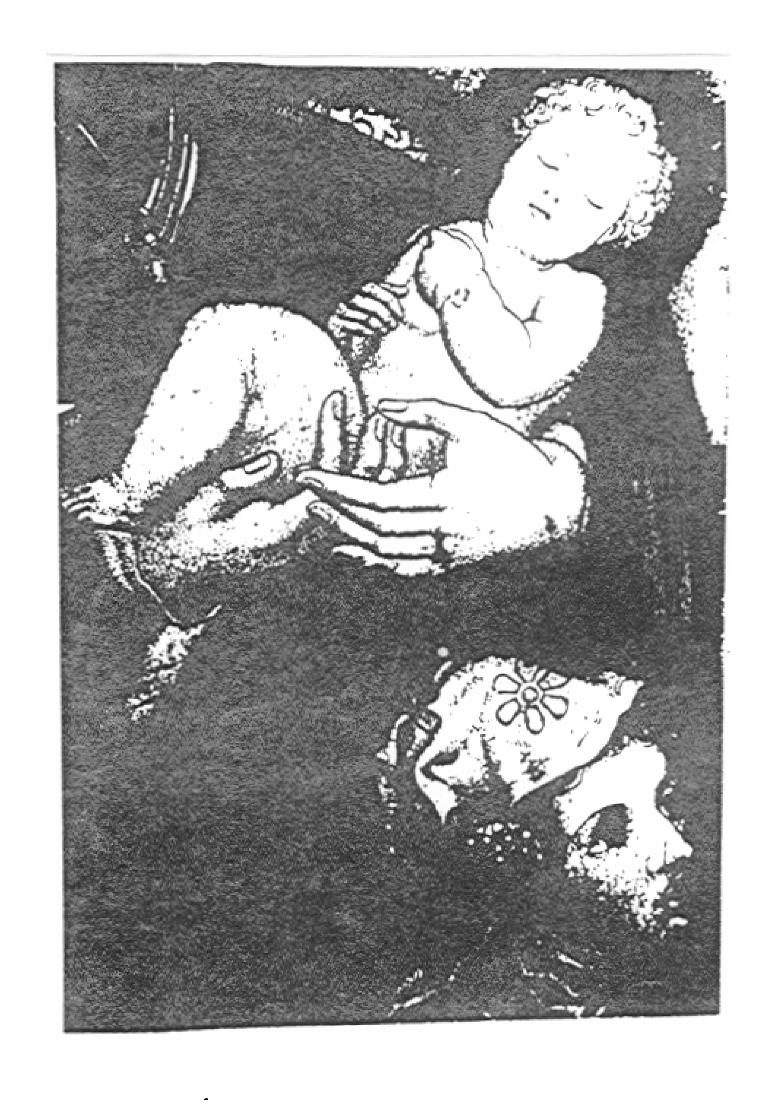
ولكل فنان طريقته الخاصة للتصوير على الزجاج أشهرها طريقتين:

(١) **التصوير بالإزالة**: حيث يتم تطبيق كمية من الخليط على قطعة الزجاج كلها والتي تم حرق الخطوط الأولية فيه، بعدها نبدأ في إزالة المناطق التي يريد الفنان أو تكون فاتحة كالخدين أو الصدر.. إلخ، وكلما أردنا بالدرجة الأفتح كلما أزلنا أكثر وذلك بواسطة فرش خاصة تسمى الفرش التنظيمية Scrubs ، مع ترك الأجزاء الداكنة كما هي ويسميها بعض الفنانين "التصوير بالضوء" Paintings with light ويتم التصوير بها بسرعة تفوق الطريقة الثانية.

(٢) **التصوير المباشر**: بأن يصور بالطريقة المباشرة بالفرش الخاصة كالمظهرة أو المنقطة أو المؤلفة وذلك بوضع لمسات ونقاط صغيرة بجوار بعضها البعض وتسمى هذه الطريقة Stippled matt. (شكل ٤١).

من هنا يجب أن نعرف دور الفرشاة وأهميتها في عملية الرسم والتصوير على الزجاج فهي من أساسيات نجاح العمل التصويري (شكل ٤٢).

وفي هذه الطريقة يتم وضع اللون على قطعة الزجاج المرسومة بالرسم الخطي المحروقة مسبقاً في الفرن الخاص بسرعة فائقة أيضاً- ولكن ليست بدرجة التصوير بالإزالة- وتعتبر الطريقة الثانية (التصوير المباشر) أسهل من الطريقة الأولى (التصوير بالإزالة).



(شكل ٤٤) تفصيلية من عمل للفنان شارل أمير كامب
أوائل القرن العشرين ١٩٠٠

عن رشا عبد المنعم (١٩٩٩م) ص ١٥١

في العمل الرائع "طفولة العذراء" (شكل ٤٤) للفنان شارل أميـر كامـب Charlies Emer Kemp تظهر طريقة العمل، فتظهر الخطوط في ملامـح وجـه وخـصلات الشعر ونرى تفاصيل الأصابع والأظافر وزخارف الملابس وتفاصيل القلادة والخاتم والحلي كلها.

كما يظهر التصوير بالطريقة المباشرة حيث اعتنى الفنان بوضع أدق اللمسات بجوار بعضها، فظهر الوجه والجسم مجسماً حيث سجل الظل والنور في هذا العمل، مع الاهتمام الفائق بتفاصيل الملابس والقبعة التي ترتديها الفتاة أسفل العمل الرائـع الذي تم تنفيذه في أول القرن العشرين سنة ١٩٠٠م.

## أ- التصوير بالملونات

### ١- التصوير باللون الأبيض: Obscuring white

وهو عبارة عن لون يضاف إلى سطح الزجاج لعمل أرضية بيـضاء، وهـي طبقة تكاد تكون معتمة، تعتمه وتجعله يظهر مسطحاً باهتاً بدون تـلألأ أو بريـق، وصبغة اللون الأبيض لا تغير من اللون الأصلي للزجاج، وإنما تستخدم فقط لتهدئة درجات اللون.

ولتحقيق أفضل النتائج يفضل استخدام اللون الأبيض مـع الزجـاج الأثـري (الآنتيك) Antiqu أو الأوبلسنت Opalescent بشكل الحجر الكريم عين الهر، لأنـه لن يستجيب للون نظراً لأنه من ضمن مكونات هذه النوعية من الزجـاج، ويخلـط اللون الأبيض مع الماء والصمغ العربي جيداً أو مع زيت التربنتينـا، ولا أفـضلية لأحدهما على الآخر فكلاهما يصلح كوسيط، ويمكن أثناء العمل الـسريع –لـسرعة جفافه- أن نتحكم في درجة الشفافية حسب سمك الطبقة المضافة، وغالباً ما يحـرق اللون الأبيض تحت درجة حرارة تتجاوز 1100 ْ فهرنهيت دون الخـوف مـن أي تلفيات، وعادة ما يوضع اللون الأبيض على السطح الخارجي للزجاج في حالـة إذا كان السطح الداخلي قد تلون بلون آخر، ولكنها ليست قاعدة فهي تعتمد على رغبتنا في الإحساس بالتأثيرات المختلفة والألوان العديدة (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٣٥).

**٢- اللاستر:**

وهو عبارة عن برنيق سائل يحتوي على المعادن النفيسة المذابـة فـي هيئـة محاول حسب اللون المطلوب، ويطبق بالفرشاة أو الرش، فتتكون أقـل طبقـة فـي الملونات حيث تبلغ ١: ١٠٠٠٠ (عشرة آلاف) من المليمتر، وتعطي درجات ظلية قزحية ذات مظهر براق وتعطي أيضاً الإحساس بزجاج الأوبالـسنت وهـي تبـدو بوضوح أكثر في الضوء وأحياناً يضاف إليها أساليب أخرى ودرجة حريقها لثباتهـا على الزجاج هي°540م (مصطفى عبد الرحيم، ١٩٨٤م، ص ١٢٧).

**ب- التصوير بالصبغات**

**- التصوير بالصبغة الصفراء " صبغة الفضة" :**

ظهـرت الصبغة الصفراء Silver Stain - كما ذكرت (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م)

" في القرون الوسطى وبالتحديد في القرن الرابع عشر الميلادي. وقـد تزايـد استخدامها عبر القرون بتوسع كبير، لأنها تتيح الفرصة للفنان للتصوير بـاللون الأصفر بدرجاته المختلفة على أنواع الزجاج المتعددة، كما أنها تعطي الفرصـة أيضاً للتصوير بلونين على قطعة واحدة على السطحين" (ص ١٣).

"والصبغة الصفراء أو صبغة الفضة مادة ملونة تتركب مـن نتـرات الفـضة Silver nitrat أو Nitrate silver مع الـصمغ الكمبـودي Gamboge Gum، وهـو صمغ برتقالي مائل إلى اللون البني يستخلص من شجر بجنوب شرق آسيا، يضاف إلى هذا المزجي القليل من الصمغ العربي والماء.

وتسمى هذه العملية "بالصمغ" أو "التشريب" Staining، وهي عبارة عن وضع طبقة صلبة لها كثافات متعددة تتراوح ما بين الأصفر الباهت إلى البرتقالي (الفاقع) على سطح الزجاج.

تخلط هذه الصبغة بالماء (إلا في الحالات النادرة) والصمغ لتعطي مادة مركبة رابطة بعدها يصور بها على السطح الخارجي أي على ظهر قطعة الزجاج المـراد

صبغها به لا على وجهها، ثم تحرق بعدها في الفرن، وخلال هذا الحريـق تتخلـل نترات الفضة Silver nitrate مسام الزجاج لتعطي هذا اللـون الأصـفر ودرجاتـه المتفاوتة المتعددة ليصبح جزءاً من سطح الزجاج، وبعد عمليـة الحريـق يغـسل الزجاج ومعه الصمغ الكمبودي فيظهر الزجاج رائعاً.

ويفهم الصناع هوية هذه الصبغة ومدى تدرج اللون لديها ولكـن لا يـستطاع ضمان نتائج التصوير بها بكل دقة، فقد يقبل سطح الزجاج كل هذه الصبغة أو جزءاً منها، ولهذا يجب اختيار نوع ولون الزجاج قبل بدء عملية التصوير، وبصفة عامـة يمكن للصبغة الصفراء أن تتحول إلى اللون البرتقالي القاتم والعكس ليس صـحيحاً على الإطلاق.

كما يجب أن نعرف أنه كلما كان الزجاج صلباً كلما قلت قابليته للشبع بالصبغة ويتوقف اللون المطلوب على عاملين أساسيين:

- الزمن المستغرق لمعالجة الصبغة بالحريق.
- درجة حرارة الفرن التي تحرق فيها الصبغة فيه.

أي أننا من الممكن إعادة تطبيق الصبغة أكثر من مرة بغرض الحصول علـى درجات من نفس اللون، حيث أن الصبغة كلما طالت فترة وجودها في الفرن كانـت درجة اللون أغمق، كما تعتمد أيضاً على كثافة اللون ونسبة خلطه.

ومن النتائج الفريدة اتجاه الفنان إلى التصوير بالصبغة الصفراء على الزجـاج الفلاش فهي تعطي نتائج جيدة قد لا تكون متوقعة.

وهناك نقطة غاية في الأهمية، إذ يجب عدم المقارنة بين التـصوير بالـصبغة الصفراء على الزجاج وبين التصوير بالألوان الزيتية أو المائية مثلاً لأن التـصوير بالصبغة الصفراء يحقق الحصول على اشتقاقات لونية على الزجاج الملون ويـأتي

السؤال هل تغير الصبغة الصفراء من الوسيط الزجاجي فيتغير الزجاج الأزرق مثلاً إلى اللون الأخضر أو الأحمر إلى البرتقالي ؟

ونجيب: كلا. حتى لو ظهر تأثير طفيف يختفي عند رفعه في الضوء الـساطع (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ٩٧- ٩٨).

**طرق التصوير بالصبغة الصفراء**:

تخلط الصبغة الصفراء بالماء بواسطة السكينة على البالته الزجاجية، ولابد من توفير الوقت المناسب لتحويل بودرة الصبغة إلى ما يشبه (الكريمة أو الزبادي).

ولابد أن تكون رطبة مع تحاشي تشبيعها بالماء لأنها لو خففت ستخفف أيـضاً نترات الفضة التي بالخليط وسيؤدي ذلك إلى أنها ستنفصل مما يجعل الصبغة تبـدو كأنها بثرات وبقع كالرقعة تصبح بعدها غير فعالة لا تؤدي نفعها أو الغـرض مـن استعمالها.

**وللتصوير بالصبغة الصفراء تتبع إحدى طريقتين**:

١- الأولى وتسمى الطريقة المباشرة: حيث تضاف للصبغة القليل من المـاء، ثم ترسم بطريقة مباشرة بالفرشاة التطبيقية/ المظهـرة Applicatior brushes دون أي محاولة للخلط، وتتعرض هذه الطريقة لتغيرات مفاجأة في حدة وكثافـة اللـون عقب تكرار الضربات الناتجة من الفرشاة.

٢- الثانية: أما هذه الطريقة فتتدرج فيها حدة وقوة اللون من الفاتح إلى الغامق أو من باهت للفاقع بالتدريج بعد أن تخلط جيداً بالفرش السابق ذكرها، ولا ننسى أن تتحرك الفرشاة بشكل عمودي بخفة على سطح الزجاج بادئين بالفاتح إلى الغـامق، ولو أردنا أن نزيد من قوة التدريج يمكننا وضع الفرشاة بزاوية $60°$ وقد نحتاج إلى طاولة مضيئة Light table كما أن الماء عامل غاية في الأهمية لضمان جودة العمل

واستمراريته، وخاصة في تصوير الدرجات الفاتحة، وعلينا وقف عملية التـصوير عند جفافها فلابد أن يكون المزيج رطباً.

ستكون عملية النظافة أكثر سهولة قبل جفاف المزيج تماماً لأنه في حالة جفافه نضطر لفركه وحكه أولاً نظراً لوجود نوعين من الصمغ بالخليط.

أما إذا كان الوسيط هو التربنتين بدلاً من الماء فإن مدة جفافه سيكون أطـول وبالتالي سيصبح تنظيف السطح أسهل.

ويجب الانتباه إلى أنه بعد الانتهاء من العمل مباشرة لابد من تنظيـف جميـع الفرش والمعدات المستخدمة فوراً، وذلك لحماية الفرش من تأثير نتـرات الفـضة المدمر سواء لشعرها أو معدنها (البيناس السكوس، ١٩٨٠م، ص ٣٨-١٠٠).

**ب- التصوير بصبغة النحاس Copper stain:**

ظهرت صبغة زجاجية أخرى كتطور لصبغة الفضة وتسمى صـبغة النحـاس Copper stain أو ما يطلق عليه (الحفر الأحمر Red Etching).

ولكن تطبيقها أكثر تعقيداً من صبغة الفضة وتحتاج لعنايـة فائقـة للتجريـب والحصول على نتائج مرضية.

تتأثر صبغة النحاس بالقلويات والأكاسيد الموجودة في الزجاج علـى عكـس صبغة الفضة، لذلك يفضل لها نوع خاص من الزجاج يسمى الزجاج البوتاسـيومي وهو زجاج ذو قاعدة قلوية (٦% من أكاسيد البوتاسيوم) فيحل أكسيد الكالسيوم مـع أكسيد المنجنيز ليعطي تأثيراً أفضل.

وقد نحصل على نتائج نسبية أو قريبة من الدرجـة المطلوبـة إذا اسـتخدمنا زجاجاً صوديومي إلا أن ذلك يتطلب عدة مرات للحريق.

وللحصول على أفضل نتيجة يستخدم كلوريد النحاس، فإنه سريعاً مـا يتحـد بسطح الزجاج الساخن بعد عدة ساعات منتجاً أيونات النحاس مغطياً سطح الزجـاج

بطبقة من كلوريد الصوديوم بعد التبريد، وبعد التبريد يغسل الملح جيداً من على المنتج، ويعاد تسخينه مرة أخرى في جو مختزل.

ولقد أمكن الحصول على نتائج من مزيج صبغة النحاس مع صبغة الفضة، ولكن هذا يتطلب مهارة خاصة أثناء التطبيق، ومن المهم في التطبيق العلاقة بين عامل الوقت ودرجة الحريق.

ويجب الأخذ في الاعتبار أن كلاً من الزنك والكلوريد يلعبان دوراً هاماً في إبراز اللون، وغالباً ما تكون درجة الحرارة ٦٥٠م وذلك لاختزال وإظهار أحد المعادن على سطح الزجاج أو لحرق المواد الملونة الزجاجية (مصطفى عبد الرحيم، ١٩٨٤م، ص ١٠٠- ١٠١).

**ألوان التصوير على الزجاج**:

"ألوان التصوير وتسمى الألوان القابلة للحريق أو الألوان الزجاجية Vitreous paints، وهي خليط من الزجاج المجروش الناعم المصنفر مع الأكسيد الملون أو عدة أكاسيد معدنية كالحديد أو النحاس، الكوبلت، المنجنيز.. وغيرها، وتكون هذه الألوان على شكل مسحوق يتم مزجها بوسائط إما مائية أو كحولية أو زيتية والتي تحدد وظائفها فيما يلي:

١- إبراز التفاصيل الدقيقة الجمالية في العناصر المختلفة المتعلقة برسم الأشكال.

٢- إيجاد بعد تشكيلي جديد لم يكن له وجود من قبل عن طريق التصميم والملامس السطحية والدرجات الظلية.

٣- حجب الضوء على سطح الزجاج إذا استلزم الأمر.

**وهما نوعان: إما شفافة أو معتمة - وهي الأغلب-.**

والألوان الشفافة محدودة نصور بها على الزجاج ونجدها في ألوان محددة كالأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي والوردي وبعض الدرجات البنية.

أما الألوان المعتمة فهي التي لا تعطي بريقاً كالـشفافة، وليـست كالـصبغات Stains، وأبرز الألوان المعتمة الأسود والأبيض والبني والأحمر الخاص بمعالجـة البشرة Flesh reds ... وغيرها من الألوان بدرجاتها.

كما إن هناك تشابهاً بين الرسم والتصوير على الورق وبين التصوير بالألوان الخاصة على سطح الزجاج، فكلاهما يوجد بعداً ثالثاً على السطح، وبـالطبع نجـد الاختلاف بينهما شفافية السطح (سطح الزجاج)، ومن هنا يجب على الفنان المحترف المصور على الزجاج التحكم في التوازن بين المساحة الملونة وغير الملونة وذلـك بالتحكم في الدرجات الظلية ومراعاة توزيع معدلات الضوء في العمل ككل.

ومن أهم ما يجب معرفته هو الاختلاف بين تلك الألوان ومعرفة هوية كل لون ودرجة حريقه في الفرن الخاص به لتصبح جزءاً لا يتجزأ من سـطح الزجـاج لا تتأثر بعوامل التعرية ولا بأقصى الاحتكاكات التي يتعرض لها الزجـاج (البينـاس السكوس، ١٩٨٠م، ص ٦).

**مـــواد الألـــوان**:

وتصنيفها (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م عن فيكتور جرجس عوض ا ) حسب لـ ون كل أكسيد كما يلي:

| الأكسـ ـيد | منتج اللـ ـون |
|---|---|
| أكسيد القصدير | يعطي لوناً أبيض. |
| أكسيد تيتانيوم أبيض | يعطي لوناً أبيض. |
| أكسيد الأنتيمون الأصفر | يعطي لوناً أصفر ناصع. |
| أكسيد التيتانيوم الأصفر | يعطي لوناً أصفر مائل إلى البيج. |
| أكسيد اليوارنيوم الأصفر | يعطي لوناً برتقالي مائل إلى الحمرة. |
| أكسيد الحديديك | يعطي لوناً عسلي مائل إلى الحمرة. |
| أكسيد النيكل | يعطي لوناً أخضر. |
| أكسيد الكادميوم | يعطي لوناً أحمر. |
| أكسيد بزموت | يعطي لوناً أحمر باذنجاني. |
| أكسيد الكوبالت | يعطي لوناً أزرق زاهي. |
| أكسيد نحاسيك | يعطي لوناً أخضر فيروزي. |
| أكسيد المنجنيز | يعطي لوناً بنفسجي فاتح. |
| أكسيد الكروم | يعطي لوناً أخضر زيتوني. |
| أكسيد الفضة | يعطي لوناً فضي. |
| أكسيد فانديوم | يعطي لوناً أصفر. |
| أكسيد سيلنيوم | يعطي لوناً أحمر. |
| أكسيد الكوبلت | يعطي لوناً أزرق. |
| أكسيد البلاتين | يعطي لوناً رمادي هادئ. |
| ثاني أكسيد التيتانيوم | يجعل ألوان المينا بيضاء معتمة مكبية. |

( ص١١٩)

**المذيبات اللونية (الوسائط)**

تُعرف المذيبات اللونية "بالوسائط" وهو ما تعارف عليه، وللوسائط دور واضح في طرق التحكم في إبراز الدرجات الظلية، ونظراً لتنوعها وكثرة أصنافها خاصة في الفترة الأخيرة، فقد تطلب ذلك من الفنان معرفة الطرق التقنية وخواص المواد وتركيبة الألوان خاصة عند المزج وصولاً لأفضل النتائج.

ويمكن تقسيم هذه الوسائط إلى:

أ- الوسائط المائية.

ب- الوسائط الكحولية.

جـ- الوسائط الزيتية.

د- المزج بين أكثر من وسيط.

**أ- الوسائط المائية:**

"**١- الماء**: وهو الأساس والأكثر استعمالاً وشيوعاً، فهو المقوم الرئيسي في عملية خلط الصبغات الملونة مع الصمغ العربي والسكر، ومع سيلكات الصوديوم "ماء الزجاج" والخل الأبيض، ويؤكد البيناس السكوز Albinas Elskus (١٩٨٠):

> "يتميز الماء بأنه سائل عديم اللون والرائحة، سريع الجفاف، سهل التطبيق، سهل التنظيف فيمكن إزالة الألوان المستخدمة لها وسيط الماء الزائدة قبل الحريق بغاية السهولة واليسر، وكذلك تنظيم الأدوات والمعدات والفرش المستخدمة أثناء عملية التصوير، فهو لا يمثل خطراً على الفرشاة كما في بعض الوسائط كماء الزجاج، والماء وسيط قابل للتكيف سريع الاستجابة لرغبات الفنان فيمكن بواسطته إعطاء تأثيرات وملامس متعددة، وباستعمال وسيط الماء فإنه يعطي الفرصة للحصول على درجات عديدة من اللون الواحد معتماً كان أم شفافاً، وكذلك يمكن مزج ودمج ألوان وتأثيرات في قطعة واحدة واللون ما زال معلقاً بالماء" (ص ٦١- ٦٢).

كما أن وسيط الماء هو الوسيط الشائع في العصور الوسطى مع اللونين الأسود والبني بالذات مع إضافة الصمغ.

**٢- الصمغ العربي Arabic Gum**

الصمغ العربي مادة قابلة للذوبان في الماء، نحصل عليها من شـجرة أقاقيـا- وهو نوع من شجر السنط-، وهي صلبة في هيئتها على شكل مسحوق أبيض يفقـد لونه عند مزجه بالماء فيصبح شفافاً وتضيف رشا إبراهيم (١٩٩٩م):

> " والصمغ العربي مادة سريعة الالتصاق عندما تخلط بحجم متساو من المـاء والمادة الملونة، وعلاوة على ذلك فهي لا تغير من خواص المادة الملونة أو لون الزجاج بالإضافة إلى أنها مادة رخيصة الثمن ويوضع الصمغ بنـسب محـددة لتثبت الألوان فوق سطح الزجاج، فالكثير منه سيجعل المزيج قشرة جافة علـى سطح الزجاج بعد الحريق، ومما لا شك فيه أن القليل منه لا يجعل المادة الملونة تلتصق بالزجاج، لذا لا نعتبر الصمغ العربي مادة لاصقة فحسب، وإنما هو مادة تجعل اللون يناسب بسهولة من الفرشاة على سطح الزجاج فيجعل من التصوير أمراً سهلاً مرناً. (ص١٢١).

يضاف الصمغ العربي للخليط كما يرى البينـاس الـسكوز Albinas Elskus ١٩٨٠ بطريقتين:

- إما على شكل مسحوق جاف مضافاً إلى صبغة أو مادة ملونة جافة بعدها يضاف إليهما الماء، وتسمى هذه الطريقة The Dry- to- dry.
- أو على شكل محاول بحيث يخلط بالماء أولاً ثم بالمادة الملونة الرطبة وتـسمى هذه الطريقة The wet- to wet method (ص٢٤).

**٣- السكـــر:**

ويضيف البيناس السكوز (١٩٨٠) عن استخدام السكر كوسيط:

"وهو من المواد التي يفضل بعض المصورين استخدامها بدلاً من الصمغ العربي وذلك لسهولة الحصول عليه، ورخص ثمنه، وسرعة ذوبانه فـي المـاء عـن الصمغ العربي- ولكنه لا يتفوق على الصمغ العربي فـي عمليـة التـصوير- ويستخدمه بعض المصورين أثناء عملية الرسم الخطي Tracing- التي سيأتي الحديث عنها-، والسكر كالصمغ في بعض صفاته يتطاير أثناء الحريق ويعمـل على التصاق الألوان ولكنه لا يترك أي أثر على الألوان فوق سـطح الزجـاج" (ص٢٥).

**٤- زيوت خاصة:**

- زيت خاص للطباعة بالشاشة الحريرية Silk screen وهو زيت تـشحيم يـسمى (سكويجي) Squeegee oil وذلك بخلطه بألوان المينا أو الألوان القابلة للحريق.
- برنيق (ورنيش) نادر الاستعمال جداً كوسيط- ولكن لا نستطيع إغفالـه- وهـو "برنيق دامار" Damar Varnish يستعمل بدلاً من زيت التربنتينا الـذي يـسمى Venice turpentine كمادة مازجة مع الألوان القابلة للحريق.
- المذيب اللوني المعروف باسم "وسيط التصوير" Medium for painting المكـون من البلسمية+ عصارة الكبية الراتنجية+ لافندر+ قرنفل وذلـك للتـصوير بهـا لألوان المينا وهو خليط سميك ولذلك يخلط بزيت اللافندر.

**د- المزج بأكثر من وسيط:**

"ومن أمثلته الخليط السابق وهو خليط زيت اللافندر والقرنفل ومن عـصارة الكبية الراتنجية Copaiba والبلسمية Balsam وذلك لتصوير بها مع ألوان المينا".

- وعصارة الكبية الراتنجية تنتج من شجر الكبية المعروفة في أمريكا.

- البلسم وهو المجموعة البلسمية: والمجموعة البلسمية هي عصارة نبـات البلـسم وهي مادة زيتية راتنجية عطرة أروماتية، وهناك فصيلة أخرى من الراتنجـات تسمى أروماتية اليفاتية وهي غير عطرة (البيناس السكوز، ص٢٩).

**اختيار واستخدام المعدات الأساسية للتصوير على الزجاج**:

يحتاج المصور للرسم على الزجـاج إلـى أدوات خاصـة لخلـط وسـائط التصوير- نستطيع إيجازها فيما يلي:

- بالته زجاجية بمقاسات اعتاد المشتغلون العمل عليها وأنـسبها ً9 × ً12، أمـا سمكها فيفضل ١/4ً لكي تتحمل عمليتي الطحن والخلط أي (ً9 × ً12 × ١/4ً).
- سكينة الخلط Palette knife وتكون حادة وصلبة من خامة الستانليستيل بطول ً6 أو ً8 مع عرض نصل لا يقل عن ¼ ً1 تتناقص تدريجياً عن طرفها وخاصـة السكينة الخاصة بالتصوير بالصبغة الصفراء.
- المطحنة/ المسحنة وتسمى أيضاً المدقة The glass muller بطول ً6، وعـرض ً3.
- برطمان زجاجي خاص للاحتفاظ باللون المتبقي لسرعة جفافه.
- الفرش (الفراجين) وسنتناولها باستفاضة لأنها من وأهم المعدات –هي والأفران- التي لا يمكن الاستغناء عنها على الإطلاق، فبدونها لا نستطيع إنجـاز العمليـة التصويرية بنجاح ودقة.

ويمكننا تقسيم أنواع الفرش المستخدمة في التصوير على الزجاج إلـى مجمـوعتين أساسيتين:

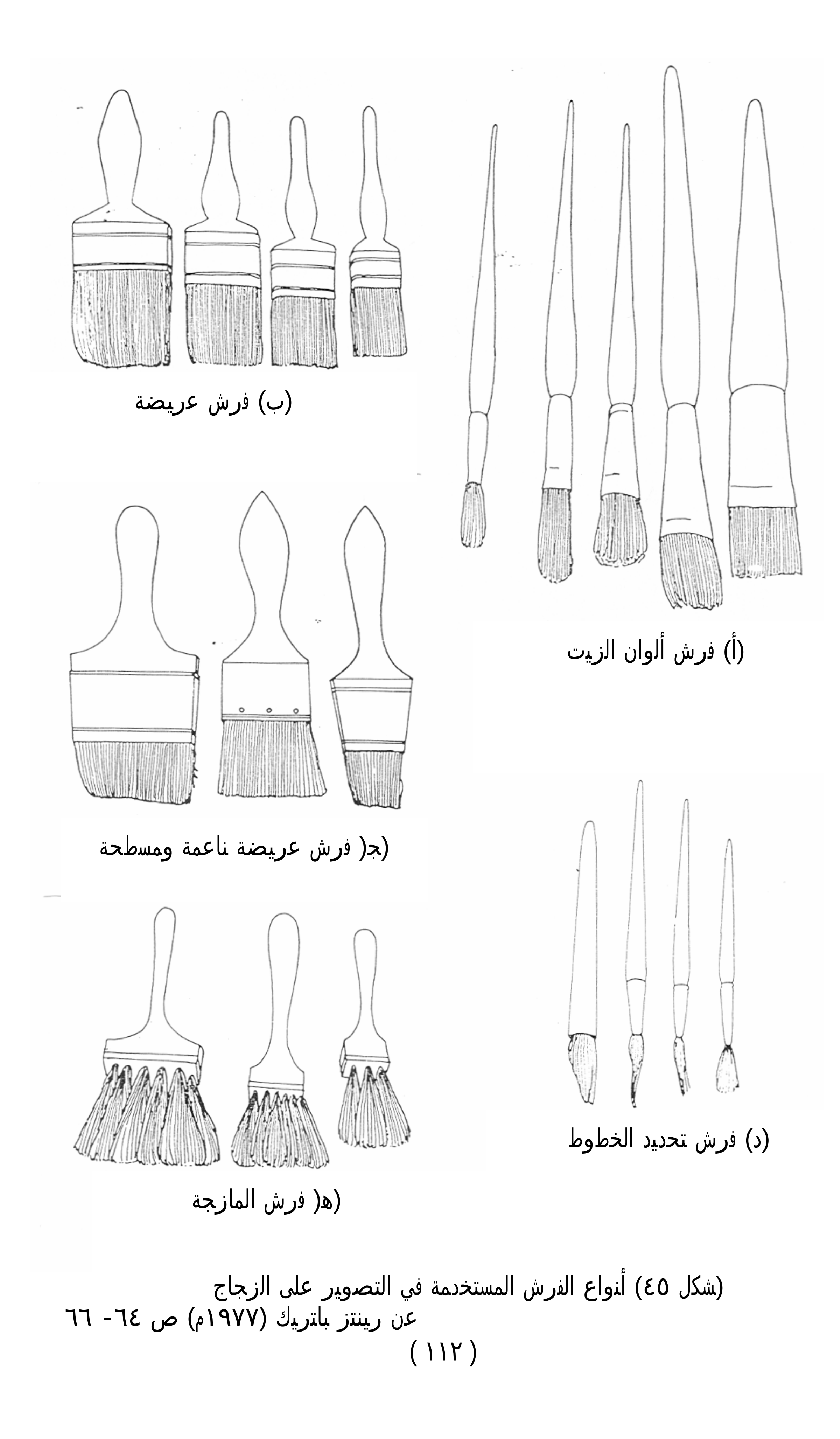
أ- الفرش التطبيقية The applicators.

ب- الفرش التنظيمية (فرش الإزالة) Scrubs.

ج- أما المؤلفة/ المازجة The blender فتصنف بمفردها فهي طائفة أو نوع مختلف.

- والفرشاة التطبيقية تستخدم لوضع اللون الرطب على الزجاج، وتتضمن العديـد من الأنواع تأتي في المقدمة تلك الخاصة بالعملية الأولى من عمليتي التـصوير والتي تعرف بالرسم الخطي (شكل ٤٥-د) وتسمى Tracing brushes أي فرشاة الخطوط الأساسية، والفرش المستديرة والعريضة والمسطحة (شـكل ٤٥ أ، ب، ج) التي تستخدم في العملية الثانية للتصوير بالألوان والتـي تعـرف بـ ـ Matting وهناك فرشاة ذات تأثير خاص تترك ملمساً مميـزاً وتـسمى English stippler ومن اسمها نعرف أننا نستطيع أن نصور بها النقط واللمسات الصغيرة المتعددة.
- أما النوع الآخر من الفرش والمعرفة بفرشاة الإزالـة Scrubs (شـكل ٤٥-هـ) والتي سميت بذلك لأنها تستخدم في إزالة اللون الغير مراد، أو لتخفيف اللون من على سطح الزجاج ومعظم هذه النوعية من الفرش التي تقطع سواء مـستديرة أو مسطحة ثم تصقل بالرمل أو الورق المرمل، وبعضها يحرق حرقاً بسيطاً- حسب رغبة الفنان- وتُصنع من شعر أو وبر الحيوانات ذات الظلف كبعض الأسـماء الشهيرة في عالم الفرش كالمصنعة من شعر الثور Ox hair أو الخنزيـر Hog bristle fitch أو الجمل Camel brushes، والفرشاة الشائعة المصنعة من شـعر عنق الفرس وذيله Horse hair.

(البيناس السكوز، ص ٣٢).




(شكل ٤٥) أنواع الفرش المستخدمة في التصوير على الزجاج
عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٦٤- ٦٦

**التصوير بألوان المينا (الطلاءات بالمينا) Enameling**

ويصفها (برنارد ومايرز) بقوله " تعتبر المينا من الصناعات القديمة، وقد بـدأ تاريخها عند المصريين القدماء، ثم استمر خلال القرون الوسطى مـاراً بالعـصور البيزنطية والرومانيةوالقـوطية، واستخدمت إبان عصر النهضة حتى أواخره (ص ٢٠٩).

كما يؤكد البيناس السكوز (١٩٨٠م) بقوله:

" لم يكن التصوير بألوان المينا على المسطحات مجدياً في الزمن الماضي وذلك لأن المينا فن يعتبر إسلامياً لأنهم استخدموه بشغف لكـن خـلال المجـسمات والأواني، إلا أن الفنانين قد قاموا بتجارب عديدة في التصوير بألوان المينا فـي المسطحات، ولكنهم لم يكشفوا النقاب عن هويته تماماً فقـد لا يـستطيع سـطح الزجاج تقبله في كل الأحيان نتيجة لدرجة انصهارها المنخفض وقوة التـصاقها غير المؤكدة، كما أن دوام ثباتها على السطح لم يكـن مرضـياً أو مـضموناً" (ص١٠١).

وتعرف ملك فخري (١٩٩٢م) كلمة المينا Enamel بأنها:

" تعني الطلاء المصهور إما على المعدن أو الخزف أو الزجـاج- وهـذا مـا يعنينا- وبالرغم من أنها تحمل معاني كثيرة لكنها لا تعني لدى المحتـرفين إلا تلك الطبقة الرقيقة من الزجاج- سواء المعتم أو الشفاف- المنصهرة بـالحرارة على سطح الزجاج وملتحمة به ومكونة سطحاً صلداً مصقولاً ثابتاً علـى مـر السنين" (ص ٧٨).

والطلاءات الزجاجية Vitreous Enamel هي مادة زجاجية قابلـة للانـصهار تحت درجة حرارة منخفضة °800م فأقل (1500°ف)، أساسها نوع مـن الزجـاج الشفاف العديم اللون يضاف إليها أكاسيد معدنية تكسبه الألوان المطلوبة، إلا أن كـل أنواع الزجاج ليست صالحة للاستعمال كأسس مينا، فالزجاج يحتوي علـى نـسبة عالية من الصوان Flint لا يصلح للانصهار على الزجاج لشدة صلابته ولا يلتحم به

التحاماً كاملاً، لا يتم الحصول على المسحوق اللازم للتزجج بمجرد خلط مكوناته ببعضها، وإنما لابد من امتزاجها جيداً معاً بالانصهار في درجة حرارة مرتفعة (حوالي 1100°م-2000°ف) تسكب مباشرة في ماء أو على لوح من الصاب لتبرد مكونة ما يسمى بعجينة اللون التي تسمى "Frit" وهي التي تصحن بعد ذلك بالدرجة المطلوبة من النعومة للحصول على المسحوق في أعمال المينا.

والتغيير في نسب مكونات العجينة أو في الأكاسيد المضافة إليها ينتج عنه اختلافاً في شكلها، من حيث اللون أو القتامة أو الشفافية أو في طبيعتها من حيث المرونة أو البريق أو درجة الليونة أو الصلابة التي تحدد نسبة انصهارها.

ولكن في جميع الأحوال لابد من مراعاة التوافق في معدلات التمدد والانكماش عند التسخين والتبريد بين المينا والسطح حتى لا تتشقق أو تنفصل عندما تبرد، كما أن قوة احتمال الأكاسيد للحرارة متفاوتة لذلك يجب مراعاة هذه النقطة في تكوين العجينة لتنصهر عند الدرجة المناسبة لطبيعة الألوان (ملك فخري، ١٩٩٢، ص ص ٧٨- ٧٩).

**أشكال المينا**:

يمكن تصنيف ألوان المينا حسب مظهرها إلى أربعة أشكال أو مجموعات متميزة:

١- المينا الشفافة Transparent: وهو التي تسمح بنفاذ الضوء من خلالها بسهولة، وإن تفاوت ذلك تبعاً لدرجة ألوانها، وتعتبر المينا الشفافة العديمة اللون هي الأساس لكل ألوان المينا التي تتكون عن طريق إضافة الأكاسيد الملونة المختلفة إليها وصهرها معها.

٢- الألوان النصف شفافة Translueent: ويطلق عليها أيضاً المتلألئة Opaleseent لأنها تبدو شبيهة بالأوبال، فهي مينا شفافة يشوبها شيء مـن العتامـة تـسمح بمرور جزء من الضوء- حسب طبيعة اللون- تضفي عليهـا طابعـاً خاصـاً شاعرياً وهي أقل ألوان المينا شيوعاً.

٣- الألوان المعتمة Opaques: وهي معتمة لا ينفذ منها الضوء بل يـنعكس علـى سطحها، ويفقد الزجاج بذلك شفافيته- وهي من أسوأ ألوان المينا للتصوير على الزجاج.

٤- الطلاء الفوقي Over- painting/ Overglaze وهما نوعان:

- الألوان التي سبق تحويلها إلى مادة زجاجية مـسحوقة إلـى ذرات دقيقـة جـداً Vitrified.
- الآخر وهي الأكاسيد التي تخلط بميناء شفافة ولا تتحول لمـادة شـفافة إلا بعـد الحريق.

وعند استعمال الطـلاء الفـوقي لابد من مزجه بزيت اللافندر (ملك فخـري، ١٩٩٢، ص ص٨٨-٨٩).

**التصوير بألوان المينا**:

ويؤكد (البيناس السكوز، ١٩٨٠م) أنه عند التصوير بألوان المينا على سـطح الزجاج فإن أسلوب التسطيح المستو The Flat manner هو الأنسب لأي مزج بـين الفاتح والغامق لكي لا نتعرض لمشاكل عند الحريق، وعادة ما تمزج ألوان المينـا وهي مسحوق بالماء أو الخل الأبيض مع الصمغ العربـي عنـد التـصوير علـى الزجاج، وقد تخلط بوسيط آخر غير المـاء كزيـت القرنفـل Clove oil أو زيـت اللافندر Lavander oil مع عصارة الكبية الراتنجية Copaiba والبلـسمية Balsam ويسمى هذا الخليط- السابق ذكره عند الحديث عن الوسائط- بمذيب التصوير اللوني Medium for painting الذي لابد وأن يكون ناعماً مبسطاً مستوياً، كمـا سـتواجه الفنان مشكلة عملية تنظيف سطح الزجاج من المينا، فهي عملية منهكة، وإن لم تـتم عملية النظافة بدقة فسوف يظهر السطح مشوهاً بعد الحريق (ص ١٠١- ١٠٢).

## الطباعة بالشاشة الحريرية على الزجاج

**Silk Screenings**

يمكن استخدام هذه التقنية المستحدثة في أعمال الزجاج المعشق حيث تجهز الشاشة المستخدمة للطباعة على الزجاج بنفس الطريقة ولكن باستخدام شبكة نايلون Nylon mesh بدلاً من الحرير النقي، وذلك لأن هذه الشبكة النايلون تكون أكثر متانة وأكثر تحديداً بالنسبة للزجاج المخشن سطحه عن الورق.

ويمكن إجراء هذه التقنية بخلط ألوان التصوير على الزجاج بوسيط زيتي خاص وهو زيت تشحيم سكرويجي Squeegee- الذي سبق أن أشرنا إليه في الوسائط الزيتية- بنسبة ٣ مقادير من الألوان إلى مقدار واحد من هذا الوسيط (٣ لون: ١ وسيط).

مع عدم إضافة أي وسيط أو أي مكون من المكونات إلى الخليط، وفي حالة وجود العديد من القطع الزجاجية المراد طباعتها يمكننا تجهيز اللون على بالتة ونمزجه جيداً بحيث يوضع في برطمان زجاجي محكم الغلق ذو فوهة واسعة، ثم نضع اللون على الشاشة بواسطة ملعقة أو سكينة معجون، وفي الحال يجب تغطية الخليط لحمايته من الأتربة بصفة خاصة، ونتأكد من أن الخليط قد مزج تماماً بالوسيط مع عدم ترك أي مسحوق جاف لأن هذا المسحوق يعمل على سد ثقوب الشاشة مسبباً ظهور اللون بشكل متقطع بعد الحريق.

ويمكن للفنان أن يضع ألواناً متعددة مختلفة على نفس القطعة الزجاجية قبل الحريق مع مراعاة أن يكون الوقت الزمني لجفاف كل لون ما بين أربع إلى ٦ساعات، أي لابد أن يجف اللون قبل وضع اللون الآخر، ويتم هذا بسرعة، بعدها يوضع الزجاج ليجف بتعريضه للشمس أو مروحة مع تجنب أي تراب أو غبار.

ونضع في الاعتبار أن الطباعة الشاشة الحريرية لا تقارن بالتـصوير علـى الزجاج حيث تفقد لمسة يد الفنان، ولكن لا ننسى ما قدمته لإمكانيات وإبداعات الفنان ( البنياس السكوز، ١٩٨٠، ص ص ١٢٩- ١٣٠).

**عملية الحـــريق:**

ويؤكد البيناس السكوز (١٩٨٠م) أهمية عملية الحريق بقوله " وتأتي العمليـة النهائية لعملية التصوير على الزجاج، وهي المرحلة الحاسمة التي لا تـتم عمليـة التصوير على الزجاج بدونها، إن عملية حريق الزجاج المصور عليه مرحلة غايـة في الأهمية وذلك لتحقيق الالتصاق الثابت الدائم للألوان على الزجاج (ص١١٠).

ولكي تتم هذه العملية فلابد من صهر هذه الألوان على سطح الزجاج في أتون (فرن) خاص Kiln سواء كان كهربائياً أو يعمل بالغاز، كما إن الحريـق الـصحيح للألوان يجعل من المستحيل إزالتها سواء بمواد التنظيف أو الخدش أو حتى الحفر- فيما عدا الصبغة الصفراء- كما أن عوامل التعرية لا تؤثر فيها بتاتاً.

إن نتائج الحريق تقيس قدرتنا على التعامل مع الخليط، فمثلاً إذا أفرطنـا فـي استخدام الصمغ العربي فإن ذلك يعمل على فصل اللون (الخليط) عن الزجاج فيكون قشرة على سطحه، كما أن عدة طبقات من اللون يكون ما يشبه البثـرة أو النقطـة كالرقعة، كما أن كثيراً من الماء يضعف من كثافة الخليط وسرعان مـا يفقـد فـي الحريق فيصبح اللون باهتاً (البنياس السكوز، ١٩٨٠، ص١١٠).

**المعدات الأساسية لعملية الحريق:**

١- فرن الحريق: وهو فرن خاص، وله نوعان: أحدهما يعمـل بالغـاز والآخـر كهربائي (شكل ٤٦).

٢- صينية Trays أو مجموعة صواني صامدة للحرارة فوق العاديـة مـن مـادة المرانيت Marinite للفرن الذي يعمل بالغاز، ومن مادة الستانلستيل بسمك 8/1 ً للفرن الكهربائي (شكل ٤٧).

٣- مادة كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate الأبيض أو المصيص (الجـص الباريسي) Plastic of Paris لتغطية الصواني قبل وضع الزجاج.

٤- البيرومتر Pyrometer- وهو مقياس درجة الحرارة المرتفعة- وذلـك للفـرن الكهربائي ليشير إلى درجة حرارة تجويف الفرن.

٥- ساعة Timer لفحص الحريق وتتبع الفترات الفاصلة من الوقت.

مع ملاحظة أنه عند استعمال كلا النوعين الفرنين الكهربائي أو الغاز يراعـى عدم فتح باب الفرن إلا بعد ساعتين من إغـلاق الفـرن (رشا إبـراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٤٧- ١٤٨).

**حريق الصبغة الصفراء:**

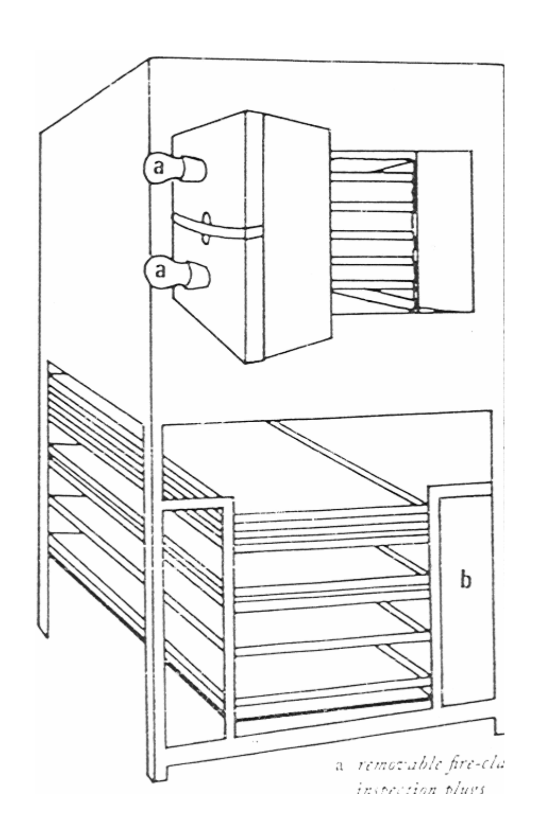
"تحرق الصبغة الصفراء تحت درجة ما بين 950°- 1050° فهرنهايـت، أي أقل من التي تحتاجها الألوان أو الأكاسيد القابلة للحريق.

ولتحقيق أفضل النتائج وأدق تحكم لابد أن تحرق الصبغة الصفراء على حـدة بعيداً عن القطع الملونة الأخرى.

والأكثر شيوعاً أن تحرق الصبغة الصفراء من الخلف أي الـسطح الخـارجي لقطعة الزجاج- كما سبق أن أوضحنا-.

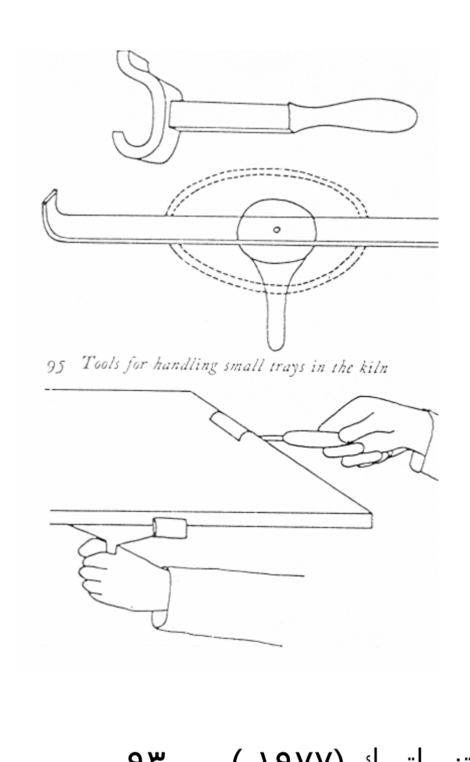
ويفضل أن تحرق في الفرن الكهربائي ذي المؤشر البيومتر لأننـا لا يمكننـا التنبؤ بدرجة الصبغة بكل دقة.

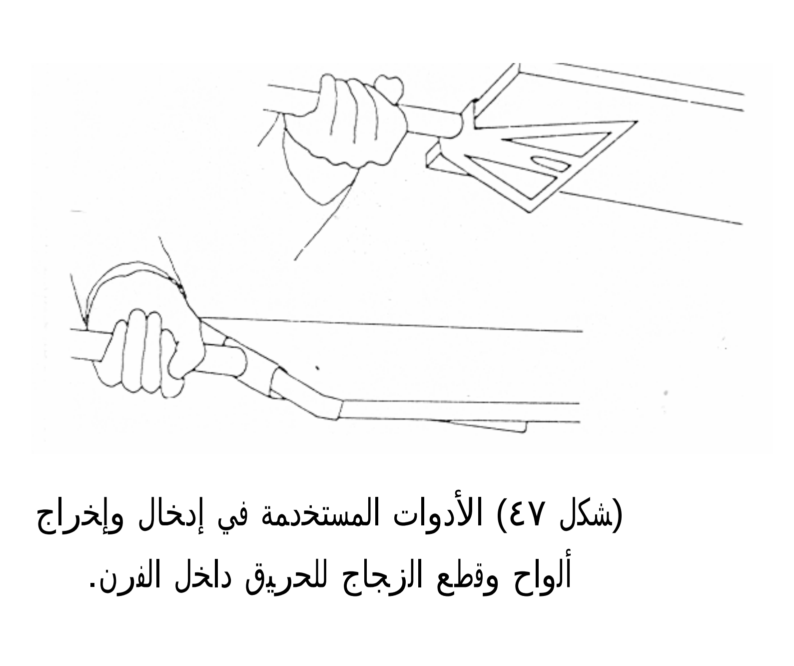
يحرق الزجاج اللين مـا بـين 950° ف- 1000°ف و1100°ف- 1050°ف للزجاج الصلب، وهذا يؤكد أنه لابد من معرفة نوعية الزجاج ولونه قبل الحريـق، وبالأخص قبل التصوير بالصبغة الصفراء لأن بعض أنواع الزجاج لا تقبل الصبغة، فلن يجدي إعادة الحرقة مرة أخرى.




(شكل ٤٦) الفرن الكهربائي لحريق الزجاج

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٩١



(شكل ٤٧) الأدوات المستخدمة في إدخال وإخراج ألواح وقطع الزجاج للحريق داخل الفرن.

عن رينتز باتريك (١٩٧٧م) ص ٩٣

إن إضافة القليل من سلفات الصوديوم Blue Stone/Sodium Sulfate قد يقوي درجة اللون وفاعليته (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ١١٧- ١١٨).

ويمكننا الحصول على اللون الأصفر الليموني الفاتح بكمية صغيرة من الصبغة على سطح الزجاج مع الحد الأدنى من الحريق، والعكس صحيح فإن الأصفر الفاقع المائل للبرتقالي يوضع منه طبقة سميكة مع مدة أطول في الفـرن، ومـدة حريـق الصبغة الصفراء تتراوح بين دقيقتين إلى دقيقتين ونصف، في حين أن مدة حريـق أي لون من الألوان القابلة للحريق من ١٥ إلى ٢٠دقيقة.

وبعد الحريق تظهر تلك الصبغة متألقة براقة واضحة بدرجاتها المتعـددة مـن اللون الأصفر والبرتقالي فلا يضاهيها أي ألوان أخرى، ومن أهـم مميزاتهـا أننـا يمكننا الجمع بين هذه الدرجات وأي لون آخر على نفس القطعة أي على الـوجهين الأعلى والأسفل ويمكن أيضاً حرقها على الجانب الخلفي للزجاج الفـلاش- الـذي سيأتي الحديث عنه عند الحديث عن الحفر على الزجاج-.

ويمكن تخفيف حدة الصبغة الصفراء بعد الحريق إذا كانـت الدرجـة فاقعـة بحمض الهيدروفلوريك Hydrofloric acid على حسب طول المـدة وقـوة تركـز الحامض (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٥٠).

**حريق ألوان المينا**:

وبصفة عامة تحرق ألوان المينا تحت درجة حرارة منخفضة جـداً، فأقـصى حريق لها (800°م- 1500°ف). وأفضل نتيجة هي ما بين (1100°- 1250°).

وهي ألوان غاية في الحساسية فنجد أن تكرار الحريق على نفس القطعة سوف يبدل ظلاله وقوة اللون نفسه، هذا علاوة على البثور والبقع أو التشقق الذي يحـدث في بعض الأحيان.

وهي ألوان سريعة التأثير بأقل اختلاف في درجة الحرارة حتى لو كـان هـذا الاختلاف من (10°-20°) فإنه يتسبب في تغير اللون. وقد يـصيب حريـق هـذه الألوان الهدف أو الخطأ، ومن هنا كان الفرن الكهربائي ذو المؤشر (البيرومیتر) هو الأنسب والأضمن، وعموماً فإن كل ألوان المينا لابد أن تُحرق منفـصلة عـن أي ألوان أخرى وذلك تتحقق أفضل النتائج (البيناس السكوز، ١٩٨٠م، ص ١١٨).

**بـ الاستخدامات الحديثة للزجاج الملون كعنصر زخرفي معماري**

خلال الخمسين عاماً الماضية استخدم الزجاج الملون استخداماً زخرفياً معمارياً في أشكال مغايرة للأساليب التقليدية التي عرفـت مـن قبـل، فأسـاليب التـأليف بالرصاص أو الجص وكان هذا التغير مرتبطاً من الوجهة التقنية بأمرين:-

أولاً: الأبحاث والتجارب التي أجريت في مجال استحداث مواد لاصقة علـى درجة عادية من الكفاءة بهدف استخدامها في صناعة الطيران أثناء الحرب العالمية الثانية، وكانت نتيجة ذلك التوصل إلى مادة الأيبوكسي Epoxy resin التـي أدخـل عليها الكثير من التطوير لتصبح له القدرة على لصق الخشب والمعادن والأحجـار والزجاج وغيرها من المواد.

ثانياً: إنتاج بلاطات من الزجاج الملون التي يتراوح سـمكها مـن ١-٥سـم وتعرف باسم Slab glasi وكانت بداية تصنيعها في أوائل الثلاثينـات مـن القـرن الماضي.

ولقد أمكن استخدام هذين المستحدثين في عالم الصناعة استخداماً فنيـاً حيـث حلت البلاطات الزجاجية الملونة بعد تكسيرها وتشكيلها وفقاً" للتصميم المطلـوب- محل الزجاج التقليدي الذي يتراوح سمكه من ٢-٦سم وحل الإيبوكس محل الجـبس والرصاص كمادة رابطة ثابتة لهذه القطع الزجاجية حيث أمكن من خلال هذه التقنية إقامة مساحات هائلة من الجدران الزجاجية المؤلفة بالأبيوكس ونظراً لارتفاع ثمـن

تلك الخامة فقد حل محلها- ولاسيما في التصميمات الضخمة- استعمال الخرسـانة المسلحة، لما لها من قوة ربط معروفة ومجربة وأيضاً لما لها من قيمة معمارية من حيث ارتباطها العضوي بمواد البناء في العمارة الحديثة.

وهناك استعمال آخر في مجال الزجاج الملون للمواد اللاصـقة حيـث يمكـن استعمال نوع شفاف من الإيبوكس في تثبيت قطع الزجـاج الملونـة علـى سـطح زجاجي شفاف ولأن هذه الاستخدامات حديثة وما زالت في طور التجريب فليـست لها خطورة محددة ومتعارف عليها في البيئة فالأمر متروك للتجربة الشخصية للفنان وحرية تصرفه وابتكاره.

**١ـ الزجـــاج والأسمنت:**

تعد هذه التقنية من التقنيات البديلة لفن الزجاج المؤلف بالجص في أوروبـا حين يذكر زينهم (١٩٩٥):

" أن خامة الجبس لا تتواءم مع البيئة الأوربية نظراً لتحال خامتـه فاسـتبدلت خامة الجبس بالإسمنت، وابتكرت تقنية جديدة هي ما عرفت فيما بعد بالزجـاج والإسمنت، والخامات المستخدمة من الزجاج في هذه التقنية يختلف الزجاج فيها عن تقنية الزجاج المعشق بالرصاص والجبس، لأن الزجاج المعشق بالرصاص والجبس يستخدم لهما زجاج لا يتجاوز سمكه ٥مم مسطح أما في هـذه التقنيـة فتستخدم لها الكتل الزجاجية التي لا تقل عن بوصة وقد تصل إلـى ٦ للـسمك، ففي الزجاج المعشق نرى قلة سمك الزجاج المستعمل أما في هذه التقنيـة فهـو مرتفع السمك مما يشكل صعوبة في كيفية التعامل معه خاصـة تقطيعـه، هـذا بالإضافة إلى أن الزجاج المستعمل في التعشيق بالرصـاص والجـبس أغلـب الأحيان أملس ناعم، أما في الكتل الزجاجية فإن التشظيرات الناتجة على سطحه تعطي انعكاسات ضوئية مختلفة ودرجات لونية حسب سمك القطعة المعدة لذلك حيث إن سطحها غير منتظم يؤدي ذلك (شكل ٤٩-أ) ولما كـان وزن الكتلـة الزجاجية أثقل من نظيرتها بكثير في الزجاج الملون المؤلف بالرصاص والجبس

فإنه بالتالي يتطلب حساباً في الأحمال والإنشاء، مما يجعل هذه التقنية يتـضمن التصميم فيها حسابات لإنشائية اللوحة ووزن هذه الكتل (شكل٤٨-أ) وتلاصـقها عن طريق خامة الإسمنت مع الرمل وكذلك تسليحها بالأسياخ المعدنية الحديدية ولتنفيذ هذه التقنية" (ص ٨٨).

* فمن ناحية التصميم يراعى علاقة التصميم بالمكان سواء أكان مبنى أثرياً أو دينياً أو مؤسسة من المؤسسات الحكومية، وكذلك طراز المبنى حتى يتم التوليف بـين وجهة نظر المعماري من جانب ومصور الزجاج من جانب آخر، كما يراعى في التصميم هل هو مسطح أو مجسم وكذلك مصادر الضوء لأن وسـيط الزجـاج الحقيقي هو الضوء وهو أحد العناصر المؤثرة جداً في التصميم، فيبـدأ بوضـع التصور حسب حركة الشمس على مدار العام، فيستطيع المصمم أن يحجـب أو يرشد كم الضوء الداخل للمكان حسب أسـماك الإسـمنت المقترحـة والحلـول الإنشائية مع كتل الزجاج الملون.

ومن العوامل المؤثرة في التصميم بالإضافة إلى دراسة المكان الحسابات الإنشائية حيث يتم حساب أسماك أو خانات الإسمنت لوضع السلك المعدني المناسب، وذلك ضمن الإنشاء وعلى أن يشمل التصميم الفكرة اللونية المقترحة ضمناً مـع بقيـة الحسابات المشار إليها سابقاً.

* يكبر التصميم بنسبة ١:١ كما هو في الطبيعة ويتم وضع بعض التعديلات عليـه شأنه أي تصميم، لأن مساحة الكروكي الصغير تختلف عن المساحة الحقيقية مما يوجب تعديلاً في بعض النسب خاصة أسماك الإسمنت لوضع مـا يناسـب مـع الأسلاك المعدنية رفيعة أو سميكة وعدد هذه الأسلاك ( شكل٤٨-ب).



(أ) تفصيلية عن عمل يرى من الوجهين باستخدام كتل الزجاج والخرسانة



(ب) عمل مجسم من الزجاج المصبوغ والمعشق بالرصاص في إطار من الإيبوكسي – للفنان روبرت بنيارت

(شكل ٤٨) نماذج لأعمال الزجاج المعشق بالأسمنت واللدائن

عن فينسنت أوبراين (١٩٨٢) ص ٦٧- ٦٨

* تجنب الكتل الزجاجية التي غالباً ما تكون غير مطابقة للمساحات المقترحة مما يوجب إجراء التعديلات عليها حتى تناسب مساحات التصميم والشكل المقترح كما يلي بعد.

* تقطع الكتل الزجاجية بإحدى الطرق الخاصة بذلك بعد خدشها بقطاعة الزجاج (شكل ٥٠) أو بالمنشار الكهربائي الخاص بالزجاج أو ببديل عنه بمنشار تقطيع الرخام "الصاروخ"، وذلك حسب الأسماك المعروفة مع مراعاة ارتداء النظارة الواقية للعين أو حماية اللوحة من ارتداء الخوزة (شكل ٤٩-ب)، وبعد التقطيع تحتاج كل قطعة إلى تلميع وصقل سواء أكانت القطع شفافة أو ملونة، وإذا أردنا عمل ملامس مختلفة في قطع الزجاج فيتم ذلك بالطرق اليدوية كقطع الموازيك الطبيعي (شكل٤٩- أ).

* تحضر المؤنة الخرسانية والتي تتكون من جزئين من الإسمنت ثم جزء واحد من الرمل، ثم جزء واحد من الزلط ذي الأحجام الصغيرة بعد غسله جيداً، مع خمسة أجزاء من الماء تضاف إليها، وتخلط هذه المكونات جيداً وتصب بعد ذلك في الفراغات بين الزجاج وعلى حديد التسليح.

* تحضير الساتر الخشبي: يتكون من خشب الكونتر أو الحبيبي حسب التصميم المقترح، وتقطع كل قطعة بنسبة أقل من مساحة الزجاج بواحد سنتيمتر وترص هذه القطع على مسطح من الخشب الحبيبي أو الكونتر.

* تحضير أسياخ حديد التسليح وتلحم حتى تكون متصلة بالإطار الخارجي المصنع زواياه من الحديد ٦×٦ سم، وذلك عن طريق اللحام أو الربط بالأسلاك (شكل ٥١-أ) .

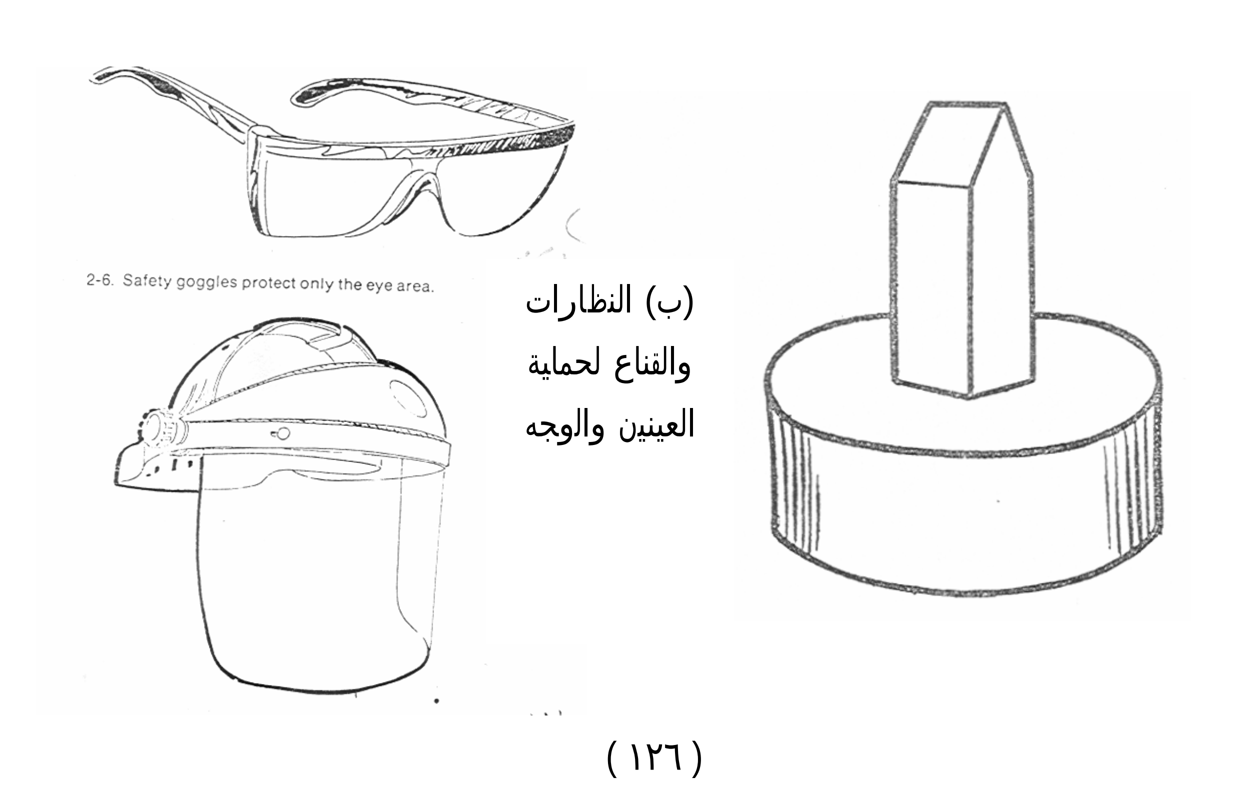
* قبل البدء في عملية صب المونة يعزل الخشب بواسطة مادة عازلة جيدة أو بالصابون والزيت، وذلك بدهان الخشب بالفرشاة ثم يوضع الإطار الحديدي مع الأسياخ قبل عملية الصب.

Brick of lead to finish shaping glass.

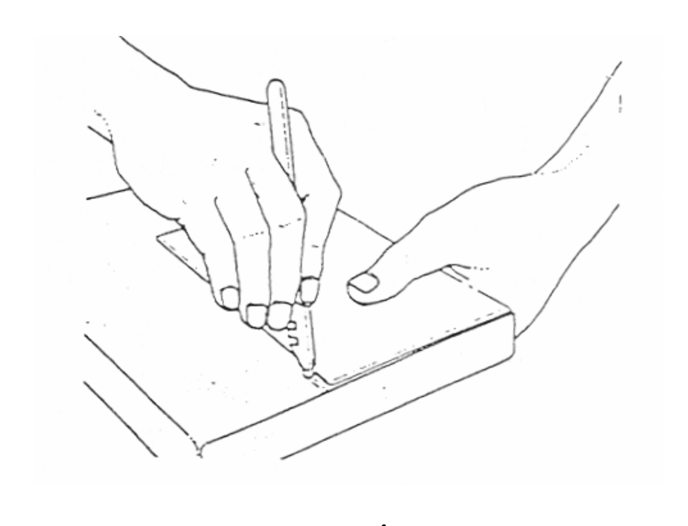
(c)

(شكل ٤٩- أ) الأدوات المستخدمة لكسر وشطف حواف كتل الزجاج

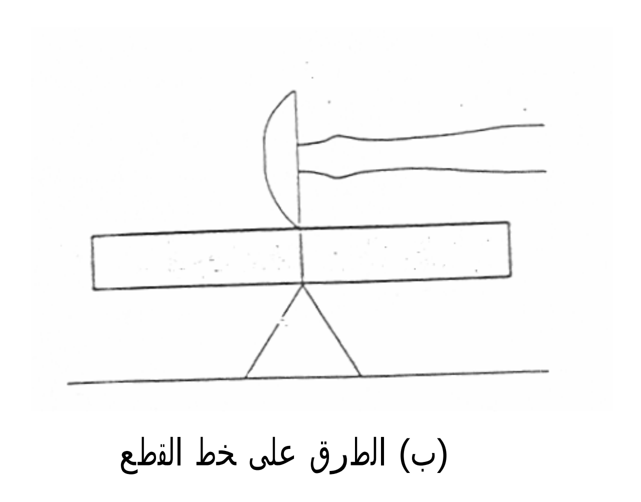
عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٦٠




(ب) النظارات والقناع لحماية العينين والوجه



(أ) تحديد خط القطع

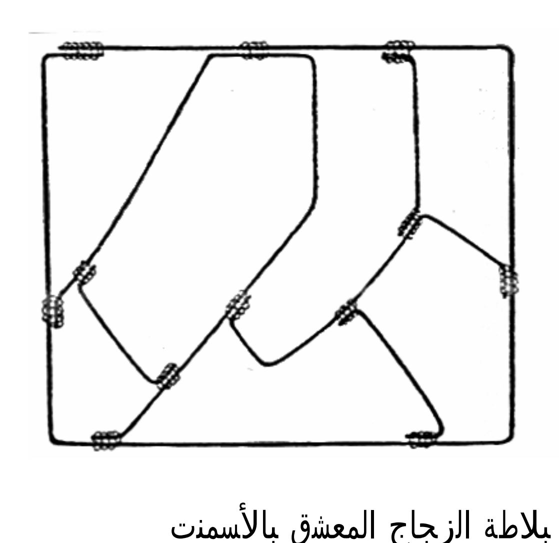


( شكل ٥٠) مراحل تحديد وقطع الكتل الزجاجية

(ب) الطرق على خط القطع

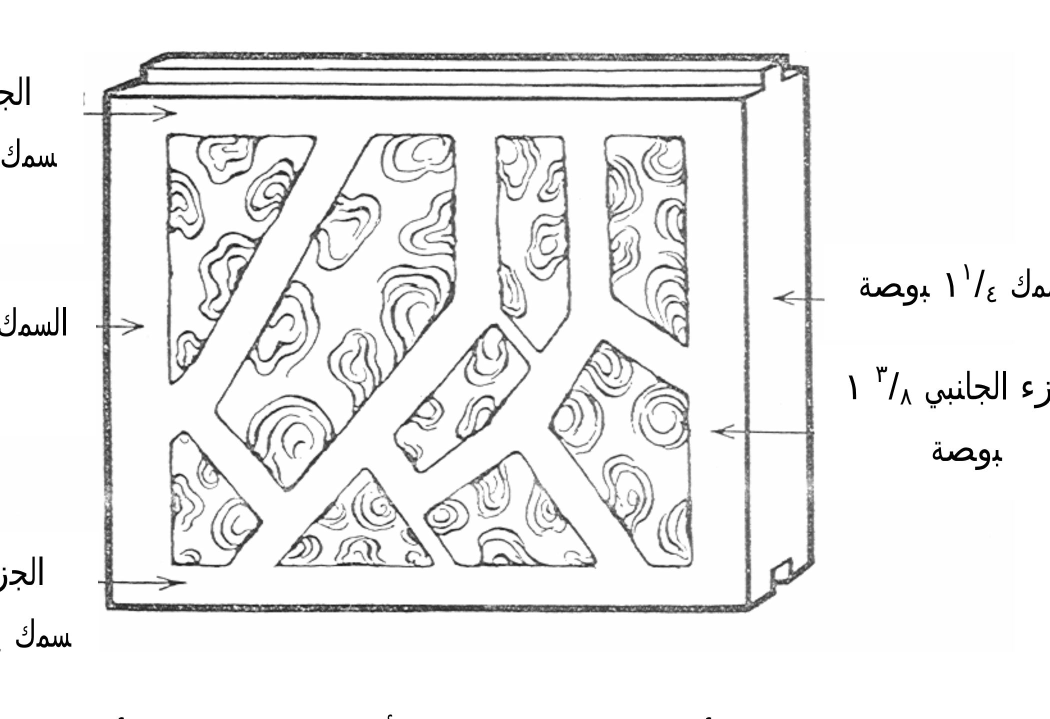


(جـ) عملية فصل قطعتي الزجاج




(شكل ٥١- أ) كيفية تسليح بلاطة الزجاج المعشق بالأسمنت

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٥٨




(شكل ٥١- ب) الأبعاد الخارجية للبلاطة في أعمال كتل الزجاج والأسمنت

عن أرميتاج (١٩٥٩م) ص ١٥٧

* ترص قطع الزجاج المعدة بترتيب التصميم على السطح الخشبي المعد للصب.

* تسكب المونة المعدة والمكونة من الإسمنت والرمل والـزلط الـصغير والمـاء بالنسب السابق ذكرها في الفراغات بين الزجاج مع إخراج الفقاقيع الهوائية.

* يترك الشكل ليجف ويتماسك لمدة ٤٨ساعة ثم تجرى عمليـة تـشطيب وتـرميم وتنظيف.

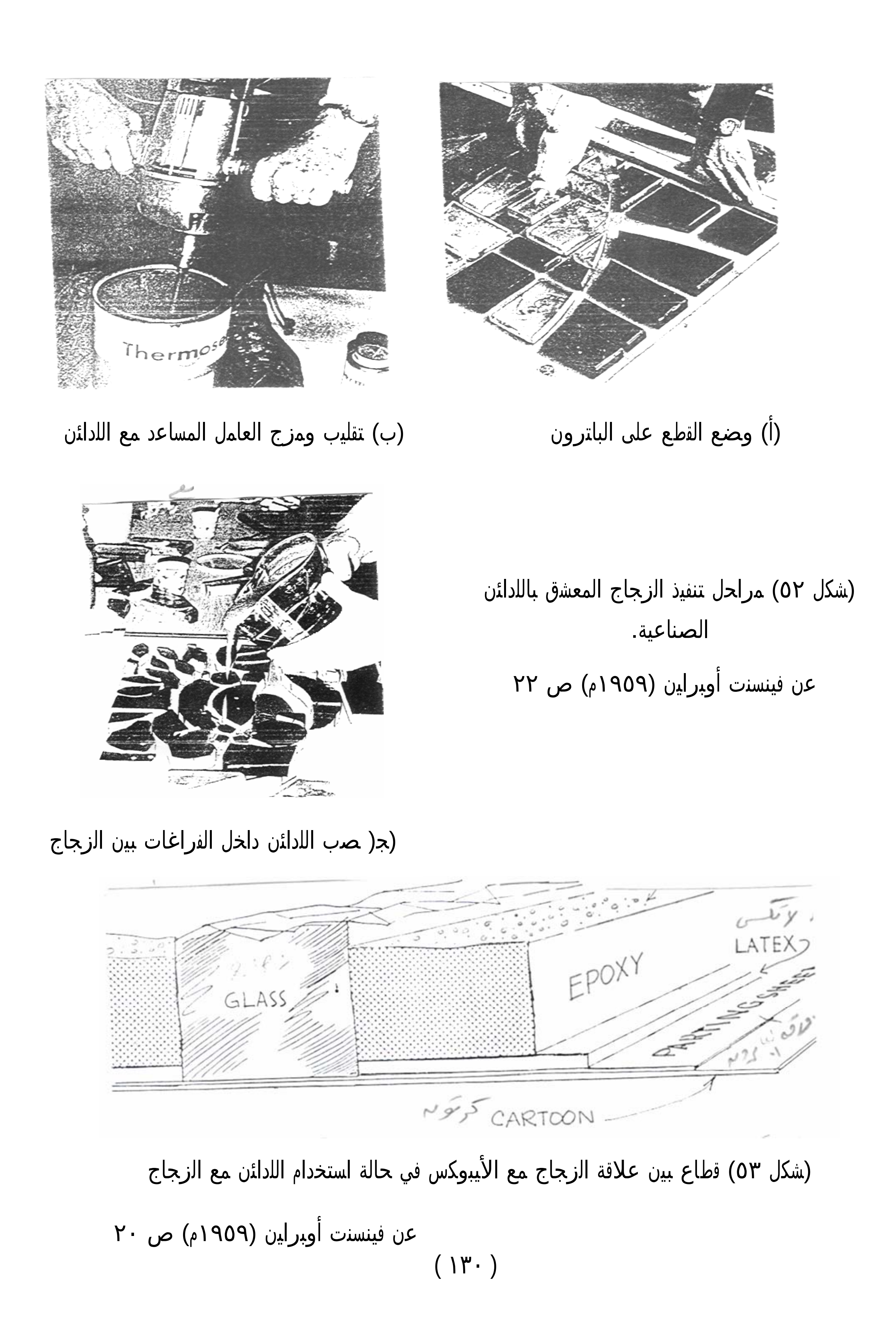
* ثم بعد ذلك يدهن الإسمنت بلون مناسب لألوان المكان المقترحة حتى يؤكد رؤية وجمال التصميم (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٩٠).

**٢ـ أعمال الزجاج واللدائن الصناعية**:

**التعشيق بمادة الأيبوكس والبولي أستر:**

وتتلخص فكرتها في أن مادة الأبيوكسي Epoxy والبولي أستر مادة شفافة سائلة قابلة التشكيل والتلوين بإضافة مواد ملونة لهذه المادة وإذا أراد الفنان استخدامها للتعشيق فعليه اتباع الخطوات التالية:-

عمل صبة لقالب سالب Negative للوحة الفنية أي صبة من الكولا أو طينية، وتترك لتجف لوحدها بحيث يقسم اللوحة لقطع الزجاج مرتفعة بعد تثبتها علـى لبـاترون باستخدام اللاتكس (Latex)، وتكون أعواد البولي أستر غائرة ثم يضع إطار اللوحة المناسبة لحجم التصميم حول الصبة، ثم يحضر البولي أستر بعد تقليبه جيداً ويصبه داخل الإطار فتجرى المادة من خلال الممرات المتروكة لها، وتترك لتجف ثم تنتزع منها اللوحة(Negative) وتترك اللوحة مفرغة، ويلصق على سطحها الخلفي الزجاج بالمساحات المراد وضعها داخل التصميم، كما يمكن استخدام كتـل الزجـاج بعـد لصقها باستخدام لاصق اللاتكس (شكل ٥٢-أ) على لوحة التصميم- البـاترون ثـم يقلب البولي أستر أو الأيبوكس جيداً لمزجه مع العامل المساعد تمهيداً لـصبه فـي الفجوات المشتركة بين قطع الزجاج بعد وضع إطار محكم من الخشب في المحيط الخارجي




(أ) وضع القطع على الباترون

(ب) تقليب ومزج العامل المساعد مع اللدائن

(شكل ٥٢) مراحل تنفيذ الزجاج المعشق باللدائن الصناعية.

عن فينسنت أوبراين (١٩٥٩م) ص ٢٢

(جـ) صب اللدائن داخل الفراغات بين الزجاج

(شكل ٥٣) قطاع بين علاقة الزجاج مع الأيبوكس في حالة استخدام اللدائن مع الزجاج

عن فينسنت أوبراين (١٩٥٩م) ص ٢٠

للوحة، (شكل ٥٢- ج( وبعد تمام التأكد من تصلب الخام ترتفع اللوحة ويـتم نـزع التصميم من الوجه بسهولة، وتضيف هويدا، عبد الغفار (١٩٩٩): أن هـذه المـادة تصلح فقط لعمل اللوحات ذات التماثل في تصميمها مثل لوحات الزخارف الهندسية الإسلامية، كما أنها كمادة مصنعة للعمل الفني يعتبر مـادة عاليـة الـثمن بالنـسبة لمقارنتها بالجص إلا أنها تتميز بالقوة والمتانة مقارنة بالجص (شكل٥٣) (ص ٢٢٠).

**٣ـ الزجاج والحديد**:

ويرى (زينهم، ١٩٩٥م):

" أن هذا الأسلوب الفني من تقنيات الفن المعاصرة والتي لم تنتشر إلا في وقتنا الحاضر وذلك لتعدد الآراء الفنية والتكنولوجيا الحديثة، فقد برع الفنـانون فـي استخدام ألواح الصاج الحديدي، وتجميعها في وحدة واحد مع الزجـاج الملـون خاصة مع التعشيق بالرصاص ليعطي كتلاً نحتية مجسمة مع التـصميم المـراد تنفيذه، لإنتاج وحدة جمالية وظيفية يمكن استخدامها في الفتحات المعماريـة أو الحوائط المصمتة بعد إضافة الضوء المناسب عن طريق الإضاءة الكهربية فـي خلفية هذا العمل (شكل ٥٤) إذا ما كان على الجدار" (ص ٨٣).

وتعتمد هذه الفكرة أساساً على عملية التصميم والخطوط المراد تنفيذها ودمجها بين عناصر التصميم، وعلاقة ذلك بالكتلة الحديدية والزجاج الملون الذي غالباً مـا يكون هو الخلفية المرئية لهذه الكتل النحتية من الحديد" (زينهم، ١٩٩٩، ص ٨٣).

ولبدأ العمل في الخطوات التنفيذية التي يجب اتباعها لإخراج عمل فنـي مـن الزجاج والحديد وأوجزها زينهم (١٩٩٥م) فيما يلي:

**أولاً**: الحصول على الفكرة المراد تنفيذها وينقل التصميم بعـد التكبيـر بمـا يتناسب مع الفتحة المعمارية أو العمل المراد تنفيذه على جزئين، الأول هو الخـاص بالكتلة المراد تنفيذها بالزجاج الملون ويراعى دقة النقل حتى يتسنى لنا تنفيذ عمليـة تشكيل تصميم الحديد بدقة كاملة، حتى لا يحدث أي فروق أو تجاوزات يترتب عليها

مشاكل في نهاية العمل الفني أثناء التجميع واللحام ويجب نسخ التـصميم مـرتبين إحداهما عند التقطيع والأخرى عند التجميع.

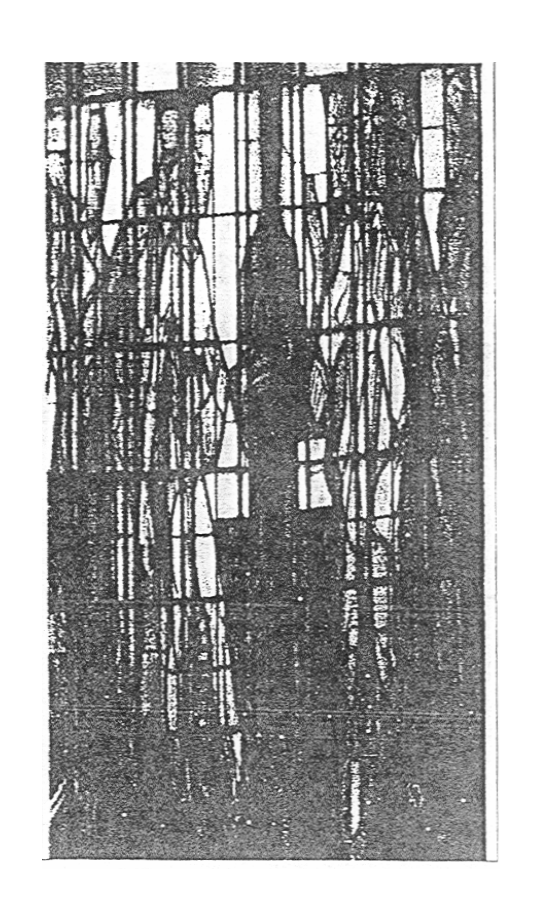
**ثانياً**: يتم طبع التصميم الخاص بالحديد على لوح الصاج أو قطع الحديد المراد تنفيذها، ونقل بعض أجزاء التصميم على لوح الصاج حول التصميم تتناسب ونـسبة الشكل، سواء كان تشكيلاً نحتياً بارزاً أو غائراً ويتم تخليص المساحات من الـصاج باستخدام المقص اليدوي أو الكهربائي الذي يتناسب وعملية التقطع، وإذا كان سـمك الصاج يزيد عن ٢سم فيتم الاستعانة بالتقطيع عن طرق مصباح الأكسجين أو القطع بالكهرباء.

**ثالثاً**: بعد الانتهاء من عملية تقطيع وتخليص الصاج تجرى عمليـة الطـرق، وذلك لإعطاء الملمس المراد إعطاء التجسيم "البومبي" سواء أكان بارزاً أم غـائر، وتعتمد هذه الملامس المختلفة على بصمة الفنان الذاتية وبعد الحصول على الملامس المختلفة على أجزاء التصميم بوضع على الشفاف السابق نقل التصميم عليـه ليـتم المطابقة استعداداً لعملية اللحام والتقطيع (شكل ٥٥).

**رابعاً**: يتم تجميع أجزاء التصميم عن طريق اللحام بالنحاس والأكـسجين مـع عدم الإخلال بنسب التصميم وكالسابق يثبت التصميم، في الإطار الخـارجي المعـد سابقاً من خوص وزاوية الحديد عن طريق بعض عمليات فنية صناعية.

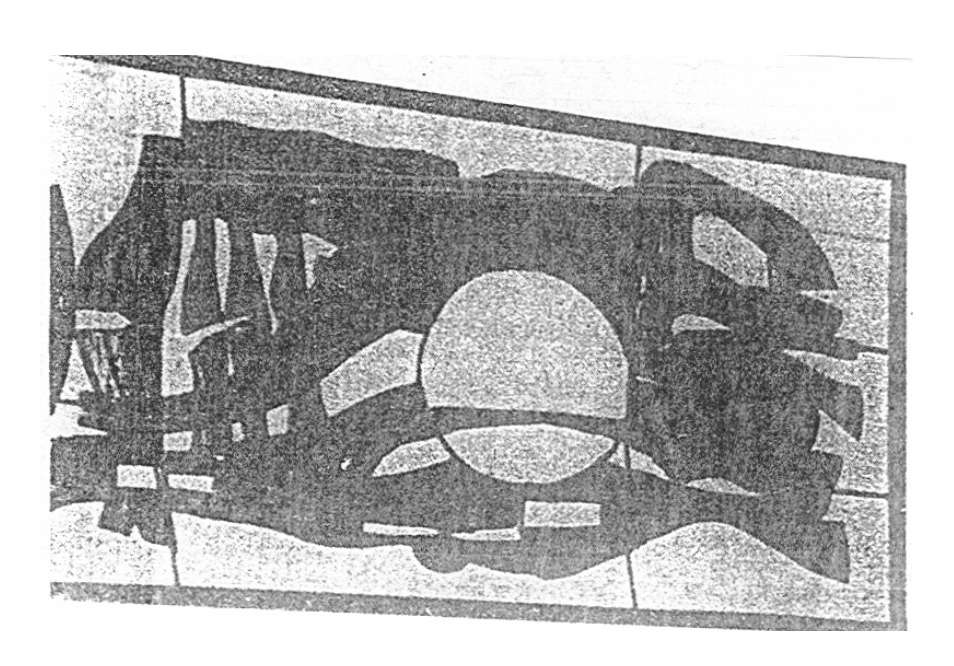
تربط أعواد حديد من الخلفية استعداداً لأكسدتها أو دهانها عن طريـق الـرش بالدوكو.

أما بالنسبة للزجاج فبالطريقة التكنولوجية الموضحة بالسابق ويتم بعدها تركيب التصميمين بواسطة اللصق عن طريق اللحام أو أجزاء سدايب بالخشب والمسامير. (ص٨٣- ٨٤).



(شكل ٥٤) إدماج الرصاص مع الحديد- مبنى الإذاعة الألمانية.

عن هويدا عبد الغفار (١٩٩٩م) ص ٢٠٨



(شكل ٥٥) إحدى أعمال الحديد قبل أكسدته تمهيداً لعمل تشكيل بارز مع الرصاص والزجاج

عن زينهم (١٩٩٥) ص ٨٥

٤ـ **خامساً: مسطحات الموزاييك الشفاف:**

وهذه الفكرة من القنيات الحديثة والتي تستخدم لمعالجة في الفتحات المعماريـة ويمكن تبسيط الفكرة التنفيذية لهذه التقنية في الخطوات التالية:

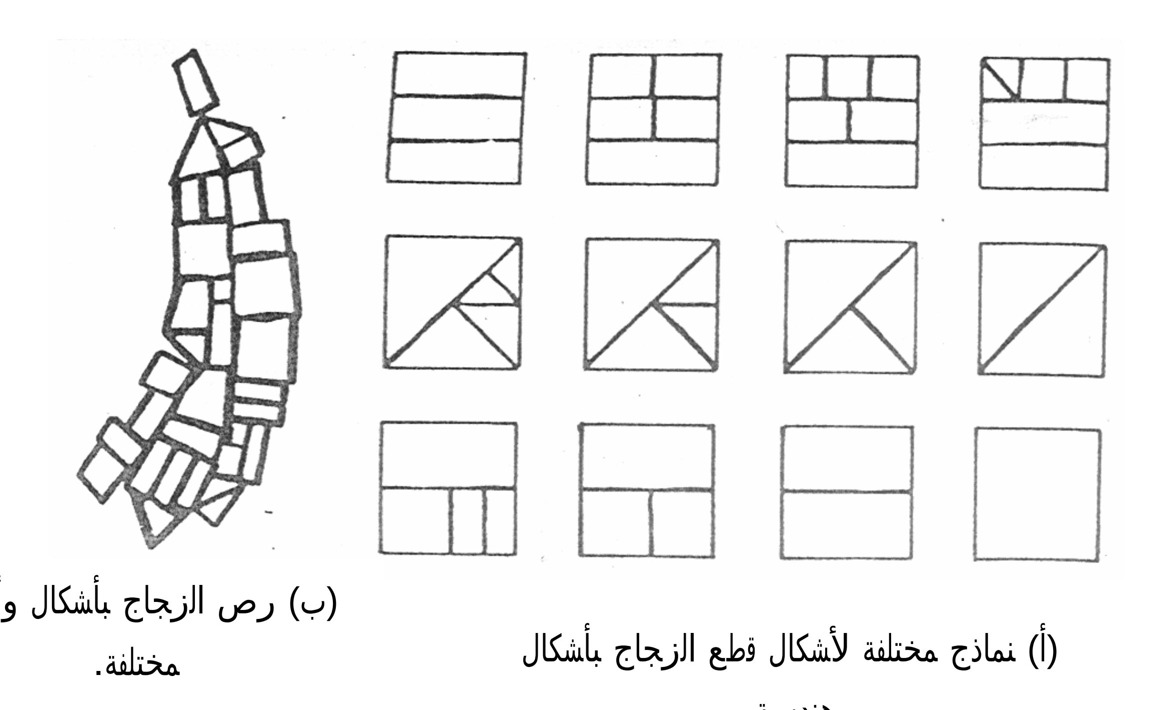
- لوح زجاج أبيض شفاف يوضع عليه التصميم.
- تقطع أجزاء من الزجاج إلى قطع صغيرة حوالي ١×١ سم. ( شكل ٥٦- أ).
- ترص قطع الزجاج الملون على التصميم حسب توزيع التصميم (شكل ٥٦-ب، جـ).
- يراعى أثناء رص الزجاج ترك فراغات بين قطع الزجاج لوضع المادة اللاصقة.

توضع المادة اللاصقة وهي عبارة عن مادة إيبوكسية "كيمابوكس ١٠٣" وهي عبارة عن مادة شفافة مائلة للاصفرار ويمكن أن يوضع فوقه مسطح من الزجاج الـشفاف الآخر، ثم يعاد لصقه وبذلك تكون قطع الزجاج الصغيرة ما بين مسطحي الزجـاج شفاف، كما أنه يمكن وضع الزجاج الصغير على مسطح الزجاج الشفاف الواحد ثم توضع في فرن معين لحرق الزجاج فينصهر وجه مسطح الزجـاج ويتـداخل بـه الألوان المختلفة في قطع الزجاج ثم تترك لتبرد.

- هذه الفكرة تخرج على هيئة بلاطات يعاد تنسيقها حسب التصميم وتعشق سـوياً بالحديد وتلحم بالنحاس (هوايد عبد الغفار، ١٩٩٩م، ص ٢١٨).

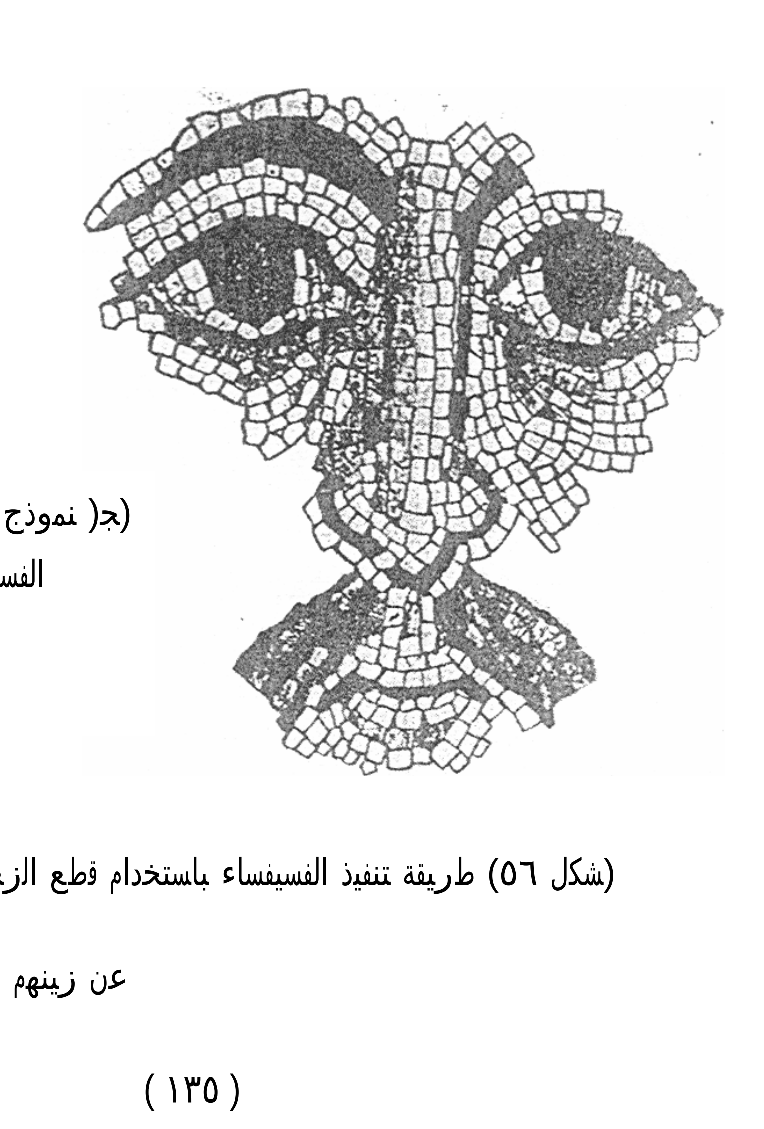
٥ـ **الأساليب الزخرفية على مسطحات الزجاج:**

تتنوع طرق وأساليب زخرفة الزجاج بعد تشكيله والانتهاء من عملية إنتاجـه وتبريده، سواء كان هذا المنتج مكوناً من خليطه واحدة شفافة أو مكوناً مـن خلطـه زجاجية (شكل ٥٧) وقد تنوعت طرق الحفر والخدش على الزجاج سواء كان ذلـك عن طريق:



(ب) رص الزجاج بأشكال وأحجام مختلفة.

(أ) نماذج مختلفة لأشكال قطع الزجاج بأشكال هندسية.



(ج( نموذج لتنفيذ وجه إنساني باستخدام قطع الفسيفساء من الزجاج الملون.

(شكل ٥٦) طريقة تنفيذ الفسيفساء باستخدام قطع الزجاج الملون

عن زينهم (١٩٩٥) ص ٩٧

أ- المواد الكيميائية الخاصة بهذه العملية مثل حامض الهيدروفلوريك وأملاك كلوريد الأمونيوم.

ب- الحفر بالرقائق المعدنية أو أحجار الكاربورندم.

جـ- الطرق المستحدثة للحفر على الزجاج باستخدام أشعة الليزر.

وسيتناول البحث التالي تلك التقنيات لأنواع وطرق الحفر القديمة والمستحدثة كما يلي:

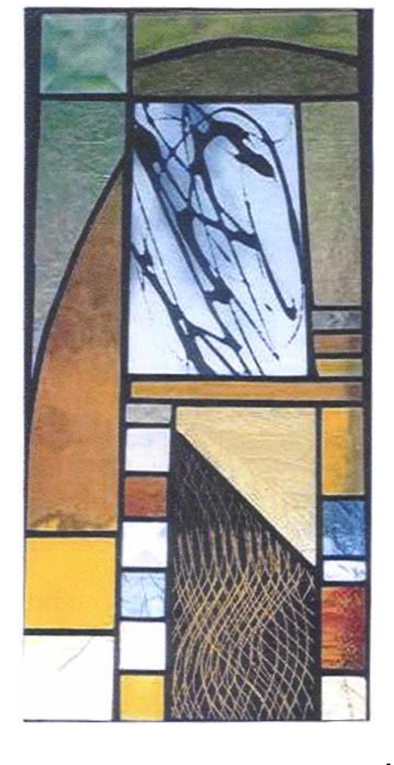
**طرق الحفر على الزجاج** Etching:

**أ- الحفر عن طريق المواد الكيميائية:**

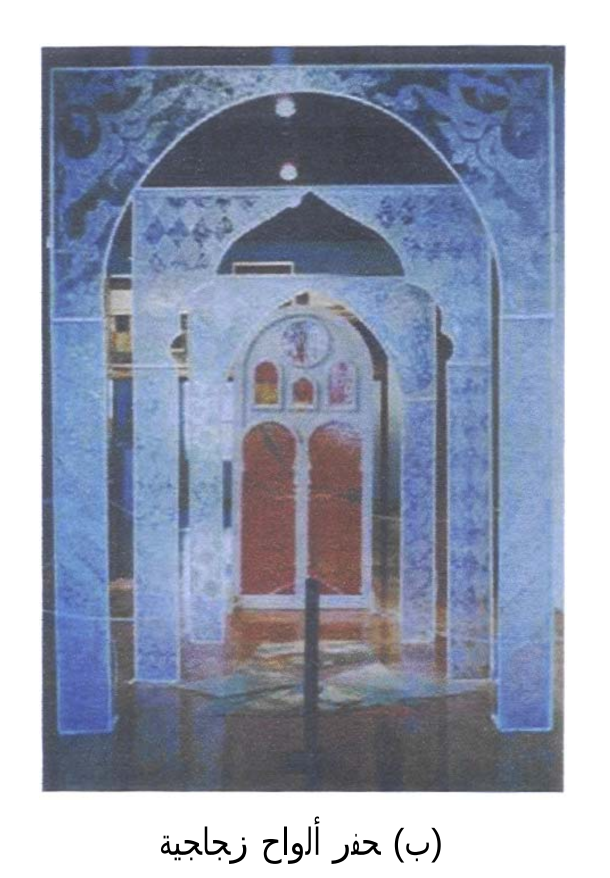
١- الحفر باستخدام حمض الهيدروفلوريك Hydrofeloric acid

أن كلمة الحفر تعني عند لكثيرين الحفر بالحامض أو التحميض Aciding أي الحفر بتحميض الهيدروفلوريك وقد بدأ العمل بهذه الطريقة عام ١٧٧١م، ويستخدم هذا الحامض بمعنى أي نوع من أنواع الزجاج ولكن الاكثر شيوعاً هو زجاج الفلاش أنتيك Antique لأن الحفر بهذه الطريقة تعني السماح والسيطرة على كمية من الحمض لتعمل على تآكل وإزالة أجزاء مختارة من سطح الزجاج حسب الرسم المصور، أي أن الهدف هو إزالة اللون الأول للزجاج ليكشف عن اللون الأصلي (رشا إبراهيم، ١٩٩٩م، ص ١٥٦).

وحامض الهيدروفلوريك عبارة عن سائل عديم اللون شفاف كالماء، له رائحة نفاذة، ووزنه الجزيئي (٢٠,١)، ويحتوي على ٤٠% من غاز الهيدروفلوريك. يتفاعل حامض الهيدروفلوريك مع فلوريد الكالسيوم أو بتسخين فلوريد البوتاسيوم الحمضي، ويتفاعل الحامض مع ثاني أكسيد السيلكون والسليكا وكذلك مع السيلكات بحيث يكون رابع فلوريد السيلكون، وهذا الحامض يتفاعل مع معظم الفلزات ولكنه لا يؤثر في الرصاص والبلاتين والذهب ولذلك فقد تم الاستفادة بهذه الخاصية.



(أ) عملية الإزالة اللونية بالحفر



(ب) حفر ألواح زجاجية



(جـ) حفر مساحة داخل الزجاج المعشق

(شكل ٥٧) أشكال متنوعة للحفر على الزجاج

عن (www.Glass 4u. com)

ويعتبر هذا الحامض من أهم المواد الكيميائية التي تتفاعل مع الزجاج وتعمـل على تآكل السطح الخارجي المراد إزالته وذلك باتخاذ الحامض مع المواد السليكاتية الموجودة في تكوين الزجاج، وينتج عن هذا الاتحاد والتفاعل مادة بيـضاء يمكـن إزالتها بالماء وتحمل صفة الزجاج المائي.

وبذلك أمكن استخدام الحامض وبالقدر المراد إزالة بعـض الطبقـات المـراد إزالتها من سطح الزجاج طبقاً للتصميم والرؤية الخاصة للعمل الفني المراد إجـراء العملية عليه بطريقة حامض الهيدروفلوريك، مع إجراء تجربة أولية قبل بدء عملية الحفر للتأكد من قوة وتركيز الحامض مع الزجاج المراد حفـره" (محمـد زيـنهم، ١٩٩٥م، ص ١٣٩).

- **الوسائط المستخدمة لعمل الإزالة**: يذكر سعيد (١٩٨٤) أنها تنقسم إلى:

- المواد القيرية.
- الشموع: بعض المواد العازلة الحديثة.

**أولاً: المواد القيرية:**

هذه المواد عبارة عن مركبات إيدروكربونيـة ذات وزن جزيئـي مرتفـع ممزوجة بمركبات معقدة من النيتروجين، ويصحب هذه المركبات مـواد كربونيـة ورواسب إسفلتية هي السبب في اللون الأسود الذي تمتاز به المواد القيرية، ويمكـن التمييز بين أنواعها المختلفة بمقارنة مقطعها عند كسر قطعة منها فاللمعان والرائحة عاملان مرشدان للنوع، واختفاء اللمعان ناتج من وجود الشوائب التي تصحب بعض الأنواع مما يجعلها غير صالحة للاستخدام في الأغراض المختلفة، ونظراً لأن درجة الحرارة التي تلين عندها هذه المواد عامل مهم لذلك تدخل في تقدير قيمتها وجودتها والغرض الذي يؤهلها للاستعمال، لذلك يجب اختيار درجة انصهار النـوع المـراد

استخدامه بطرق خاصة وكذلك قياس درجة الاحتراق وهذه المواد حساسة للتغيرات الحرارية الخاصة بالجو في المناطق الحارة في فصل الصيف، وتوجد المركبات هذه في الطبيعة متحدة مع البترول الخام الذي يعتبر أهم مصدر للمركبات القيرية وهناك نوع آخر ينتج صناعياً حيث يتبقى من المواد المختلفة من تقطير الزيت والمواد العضوية (ص ١٣٠).

١- القار الطبيعي ومن أنواعه الأسفلت ويوجد بكميات محدودة وبحالة غير نقية حول البحر الميت، ويكون ممزوجاً بأحجار الجير الكلسية ونسبة المواد القيرية فيه تصل إلى ١٠%.

٢- القار البترولي ومن أنواعه:

أ- الأسفلت المختلف وينتج عن تقطير البترول وتختلف أنواعه باختلاف الزيت الخام المستخرج ودرجات التقطير.

ب- القار المؤكسد وينتج أيضاً من المركبات اللزجة المتخلفة عن تقطير البترول.

ج- الزفت: وينتج هذا النوع من تقطير بعض المركبات العضوية مثل الفحم الحجري والعظم وأخشاب الصنوبر والقلفونية وهو أما صلب أو نصف صلب.

ومن أهم مميزات المواد القيرية عزلها للماء فلا تسمح للرطوبة بأن تتخللها مما يجعلها صالحة في الأماكن ذات الطوبة العالية على أن أحد عيوبها ناتج من خواصها الطبيعية حيث تلين بالحرارة خصوصاً في المناطق الحارة وفصل الصيف (سعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٣- ١٣٤).

**ثانياً: الشمـوع:**

يفضل رجال الصناعة استخدام الشموع كعازل في معالجاتهم الإنتاجية للحفر على الزجاج، وهناك عدد كبير من الشموع لكل نوع مميزات يمكـن توظيفهـا أو تمزج بينها لتؤدي نتائج محددة ويمكن تقسيم الشموع كما يعرضها (سعيد، ١٩٨٤):

**(١) الشموع الطبيعية:**

" شموع نباتية: ينتجها النباتات داخل الأنسجة أو داخـل البـذور أو تفرزهـا كعصارة فوق الأوراق أو السيقان أو الثمرة، ففي المناطق الـصحراوية تعمـل طبقة الشمع على حماية النباتات من البخر الشديد ومن أمثلة ذلك شمع الكارنوبا الذي ينتج فوق أوراق نوع من الأشجار تنبت شرقي البرازيل ويلاحظ أيضاً أن قصب السكر يغطى بطبقة رقيقة من الشمع ونبات الكانديلا الـذي ينبـت فـي الصحراء المكسيك حيث ينتج نوعاً من الشموع تسمى بهذا الاسم يستخرج بغلي السيقان والأوراق" (ص ١٣٥).

**(٢) شموع حيوانية:**

ويتناول سعيد (١٩٨٤م) أنواعها كما يلي:

"وهي عبارة عن مركبات كيمائية ناتجة من اتحاد أحماض دهنية مع كحـولات ذات أوزان جزئية مرتفعة، وتختلف عن الزيوت في كونها خالية من الجلسرين الذي يكون استرات مع الأحماض الدهنية غير المـشبعة فـي حالـة الزيـوت والشحوم، وأهم مصدر لهذه الشموع هي الحشرات مثل حشرة اللاك التي تتغذى على عصارة شجرة اللاك، وطول الحشرة حوالي ½ من البوصة التي بـدورها تفرز الشبلاك والشمع، أما النحل فهو مصدر شمع العسل وله عدة أنواع منهـا نحل القوقاز الأسود والنحل الكاريتولي الأسود ثم النحل البني الذي يعـيش فـي البريطانيا، وكذلك النحل الأصفر الذي يقطن جزيرة قبـرص وشـمال إيطاليـا والولايات المتحدة " ص ١٣٥- ١٣٦.

**(٣) الشموع المعدنية:**

وتتكون من المواد البترولية القيرية الناتجة عن تفحم الأخشاب، وهي مركبات كيميائية عبارة عن إيدروكربونات ذات أوزان جزيئية مرتفعة.

**(٤) الشموع المخلقة:**

وهذه الشموع ليست موجودة في الطبيعة ولكنها من تخليـق العلمـاء حيـث عرفـوا مكونات الشمع فأوجدوها في معاملهم، وهي تشبه الشموع الطبيعيـة بـل تفوقها من حيث خواصها من لون ودرجة وانصهار وقابلية للذوبان في المـذيبات. (المرجع السابع، ص ١٣٦- ١٣٧).

ومن أهم المواد المستخدمة في العزل شمع العسل Peeswax، ومـن الـصعب استخدامه بمفرده حيث يحتاج إلى درجات حرارة عالية للتطبيق وهو شديد الالتصاق بجسم الزجاج تحت الماء لمدد طويلة غير أن المزيج المكون من:

( ١ $\frac{١}{٣}$ شمع عسل + ١ $\frac{١}{٣}$ شحم خراف كمساعدة صهر + $\frac{١}{٣}$ ١ شمع برافين).

هو أمثل خليط يستخدم كعازل على جسم الزجاج كما أن هذا الخلـيط يمكـن التشكيل به في خطوط رقيقة، ويمكن استخدامه لإعطاء ملامـس متعـددة ويـصلح للتغطية الكاملة للأسطح، وهو خامة سهلة طيعة عند التطبيق والاسـتخدام (سـعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٧).

**المواد العازلة الحديثة**:

**١- مواد لاصقة مطاطية Latex**

هي مادة عازلة لاصقة تستخدم في العزل على الزجاج وهي شديدة الالتـصاق به خاصة في حواف الزجاج.

**٢- الشرائط العازلة اللاحمة:**

وهي من المطاط تستخدم لعمل العزل في الإزالة عرضها يبدأ مـن ً6: ً13، وهذا النوع مناسب لعمل عدة أعماق لزمن طويل ويمكن استخدام هذا النوع خاصـة في الدرجات المذكورة من الحامض، ويمكن بواسطة هذه الشرائط الذاتيـة اللاصق نزوله للحامض ٥ مرات (سعيد، ١٩٨٤م، ص ١٣٨).

وعلينا أن نضع في الاعتبار خطورة حمض الهيدروفلوريك على العين والبشرة والجهاز التنفسي، ولهذا لابد من العمل بحذر ودقة شديدة فلابد مـن أخـذ بعـض الاحتياطات الأمنية وعدم الاستهانة بها أولهما استخدام القفاز والمنـزرة المطاطيـة والنظارة الواقعية والكمامة. وثانيهما أن يكون المكان جيد التهوية بعيداً عن متنـاول الأطفال (البيناس السكوز، ١٩٩٠م، ص ١٠٢- ١٠٣).

**طرق الحفر بالحامض**:

ويمكن إيجاز طرق الحفر بالحامض كما يلي:

١- الطريقة الأولى: مختزل له في خطوة واحـدة The straight through one step باستخدام الورقة العازلة وعاء بلاستيكي للحمض والزجاج.

٢- الطريقة الثانية: الطريقة المباشرة The direct methods بالرسم على الزجـاج مباشرة بدون عازل.

٣- الطريقة الثالثة: باستخدام عامل الزمن/ عامل تحديد الوقت The elapsed- time باستخدام الشريط المطاطي، أو الورقة العازلة والوعاء البلاسـتيكي للحمـض ومؤشر لضبط الوقت ليمكننا التحكم في العمل بتقدير الفترة الفاصلة من الوقت.

**الطريقة الأولى "مختزل له في خطوة واحدة":**

بعد تحديد الجزء المراد حفره من الزجاج، وبعد تنظيف وجهي الزجاج بغسله من أية مواد عالقة به خاصة الشحم والمواد الزيتية حتى من بصمات الأصابع، نقوم بعدها بلصق الورقة العازلة على الجزء المراد حفره بالضغط جيداً بأصابعنا للتأكـد من أن اللصق قد طرد فقاقيع الهواء، ونقطع أي زيادة بالورقة، بعدها نرسم الخطوط الرئيسية بقلم الشمع Wax pencil ثم نقطع باستخدام آلة حادة نزيل بعـدها الجـزء المقطوع من المساحة التي سنعرضها للحمض، ونتأكد من أن باقي الأجزاء المتبقية ملتصقة بإحكام.

نقوم بعدها بتجهيز الحمض بقوة ٥٢% أو ٦٠% بمقدار [١ حمـض: ٣ مـاء فاتر]، وفي بعض الأحيان قد نزيد على المقدار عن الماء.

ويفضل الكثيرون أن يبلل سطح الزجاج بالقليل منه حتى نحمي الـسطح مـن المفاجأة، وبعد غمر الزجاج نترك القطعة لا نلمسها بضع دقـائق ونراقـب فعـل الحامض، وعندما يتغير لونها- غالباً إلى اللون الشاحب- يكون الحـامض قـد أدى عمله بعدها نغسل الزجاج بالماء ونزيل الورقة العازلة.

**الطريقة الثانية: الطريقة المباشرة:**

تعتمد هذه الطريقة على حرية الرسم، بأن نحفر الجزء المراد بطريقة مباشـرة لا تستخدم معها الورقة العازلة، ولكن هذه الطريقة مليئة بالمفاجآت فالرسم بفرشـاة الهاب على الزجاج، بعدها نضعه برفق في الحمض لمدة دقيقة أو دقيقتين وبعـدها نغيره بحمض طازج آخر، وبعد دقيقتين أو ثلاثة نغمر الزجاج فـي مـاء نظيـف لتنظيفه.

نبدأ العمل بهذه الطريقة مرة أخرى إلى أن نصل إلى النتيجة المرجوة بالنسبة لنا، وطالما ارتضى الفنان هذه الطريقة فعليه أن يخاطر بعدة تجارب تركيز متعددة من قوة الحمض متعرضين خلال التجربة لمفاجآت العمل ومما قد يحدث من دمار السطح الزجاجي نفسه.

**الطريقة الثالثة: العمل بتحديد الوقت:**

وهذه الطريقة تسمح لنا بأن نحفر بعض المساحات مدة أطول من مساحات الأخرى. ومن الطبيعي أن تصبح القطع المكشوفة للحمض فترة أطول من الوقت أفتح من المكشوفة للحصن لفترة فاصلة أقل.

ولنبدأ العمل بوضع الورقة اللاصقة العازلة أو الشريط المطاطي على الجزء المراد حفره، ثم يرسم بقلم الشمع، وتحقق هذه الطريقة غالباً أربع درجات في العمل الفني (فاقد اللون Clear، الخافت Light، المتوسط Medium والغامق Dark).

ونبدأ بالدرجة الأولى Clear حيث نقوم بقطع الجزء المراد حفره ونجعله مكشوفاً غير مغطى وهي الطبقة الفاتحة جداً ونضعه ثلاثة دقائق في الحمض يحددها مؤشر الساعة في ٣ ماء : ١ حمض وبعد ثلاثة دقائق نغمر القطعة الزجاجية في الماء.

بعدها نكشف عن الطبقة الثانية light وفي نفس الفترة الزمنية ثلاث دقائق أخرى. فنكرر ما حدث.

وبعدها نعيد الدرجة المتوسطة meduim ونكرر بنفس الفترة الزمنية ثلاثة دقائق أخرى، وبعد عملية الغمر الثالثة سنجد أن أول طبعة قد أخذت درجة فاتحة جداً نظراً لوجودها في الحمض (٩) تسعة دقائق أي أطول مدة بعدها الدرجة الثانية

نظراً لوجودها ستة دقائق بعدها الدرجة الثالثة ثلاثة دقائق، أمـا الدرجـة الرابعـة المغطاة فهي أغمق الدرجات الأربعة.

ومن هنا نجد أن عامل الوقت هام في عملية الحفر بالحمض علـى الزجـاج، ويعتمد على قوة تركيز الحمض وعلى نوعية الزجاج.

وعلى العموم فإن الاحمرار الياقوتي والأزرق أكثر الألوان استجابة في دقائق بسيطة، في حين أن الأصفر والأرجواني الغامق مثلاً يأخذ حوالي ½ (نصف) ساعة أما الذهبي والوردي والأخضر فهم ألوان صلبة للغاية ولذلك فكل لون يحتـاج إلـى عدة ساعات لكي نصل إلى نتائج مرضية من عملية الحفر بالحمض على الزجـاج" (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص ص ١٥٦- ١٦٦).

ومما هو جدير بالذكر أنه يمكن للفنان استخدام الألوان القابلة للحريق على ومع الحفر بالحامض ويفضل استخدام هذه التقنية المزدوجة على زجاج متلألئ.

**٢- الحفر بالطريقة الكيميائية عن طريق أملاح فلوريد الأمونيوم:**

يمر التشكيل والحفر بهذه الطريقة بعدة مراحل أهمها:

- فكرة التصميم أو الشكل وإعداده بالدرجات المختلفة.
- تكبير التصميم وطبعه على (شبلونة) خاصة من الشفاف الجيد بكـل درجـة لونية على حدة.
- تحضير السطح وتجهيزه لاستقبال الأملاح المعدنية لعملية الحفر بأن ينظـف السطح الخارجي بالماء ويترك ليجف وتكون الشفافات معدة كل علـى حـدة وتلصق الأولى على أحد الأسطح المراد العمل عليها.

وتغطى كل الأجزاء المراد تركها بلون الزجاج الشفاف مع الدقة في التحديـد باستخدام أحد أنواع اللاكيهات التي لا تتفاعل مع هذه الأملاح وتترك لتجف.

وأثناء تحضير الأملاح يراعى أن يضاف كمية قليلة جداً من حمض الهيدروفلوريك المخفف وذلك لزيادة سرعة التفاعل.

يوضع الزجاج بعد جفافه في حوض الملح مع تحريك السطح حركة خفيفة، على أن تكون كمية الملح الموزعة على السطح متساوية حتى يحدث التفاعل منتظماً، مع مراعاة تقليب الملح باستمرار لكي يساعد على إحداث عملية التفاعل وانتظام وتجانس الدرجات اللونية المطلوبة.

ويجب على المشتغل بهذه العملية أن تكون له خبرة سابقة بنوعية الزجاج فغالباً لا تتعدى هذه العملية أكثر من خمس دقائق لإعطاء الدرجة المطلوبة، بعد ذلك تجرى عملية تنظيف السطح وإعادة الطبع مرة أخرى وثالثة ورابعة تعطي أربع درجات لونية مختلفة، ثم ينظف السطح جيداً بوضعه في حمام من الماء والبوتاس لإزالة اللاكيهات، أو يكشط اللاكيه ثم يزال بأحد المذيبات الزيتية البترولية وبعدها بالماء ويجفف في فرن درجة حرارة °40م لتطاير جميع المواد العالقة بالجسم بعد التنظيف وبذلك يكون معداً للاستخدام.

إن من أهم مميزات هذه التقنية أن لها صفة الشفافية ولذلك تستعمل وبكثرة كستائر فاصلة، لأنها تفيد عملية الفصل والإبقاء على الإضاءة، وسهلة التنظيف ولذا فهي محببة في استعمالها في الفتحات المتحركة، فيمكن استخدامها نظراً لأنها لا تحجب الضوء أو الشمس فهي تعمل على ربط الداخل بالخارج والعكس، ومن أهم مميزاتها أيضاً أنها تمكن الفنان من التحكم في نسبة الحجب من الداخل والخارج وذلك عن طريق الإكثار من المساحات المعرضة لأكثر من مرة في الأملاح" (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٣٦- ١٣٨).

**ب ـ الحفر على الزجاج بالأحجار والرقائق المعدنية:**

**- طريقة الحفر بالأحجار المعدنية:**

" تعتمد هذه الطريقة على عدة عناصر أهمها كيفية اختيار أنواع الزجاج المراد تنفيذ الحفر عليه، فيجب أن يكون نوع الزجاج المستخدم له صفة الصلابة والقوة حتى يستطيع تحمل الصدمات الناتجة عن التآكل والاحتكاك أثناء عملية الحفر، ولاختلاف الأعماق أثناء الحفر، كما يجب أن يكون من النوع الذي يمكنه أن يعكس أو يشتت الضوء فيعمل على تحليله إلى الأشعة الضوئية ليعطي رونقاً وشكلاً جميلاً كالماس.

ويقوم الفنان بحفر الزجاج أمام الماكينة المعدة للحفر وهي عبارة عن قرص صغير من الرقائق المعدنية كالحديد أو النحاس، تتساقط عليها كمية من بودرة الكربورندم المبللة بالماء عن طريق قمع من الصاج يعلو القرص الدائري نفسه، ويؤدي ذلك إلى احتكاك البودرة المتساقطة بسطح الزجاج المراد حفره، والحفر مع دوران القرص المعدني يؤدي إلى تآكل الزجاج وحفره، أما طريقة الحفر ذاتها فتعتمد اعتماداً كلياً على مقدرة وخبرة الفنان فيستطيع التحكم في حركة يده ويغيرها من وضع إلى آخر سواء عن طريق الضغط أو الدوران وذلك تبعاً للجزء المراد حفره والمرسوم بالشمع.

ثم تلى ذلك تطوير الماكينة باستبدال القرص المعدني بأحجار الكربورندم المصنعة بإحكام وأشكال مختلفة في عملية الحفر، وظلت الماكينة تتطور إلى أن تم إضافة الموتور إلى ماكينة الحفر العصرية إلى جانب الاهتمام بالشكل وإضافة بعض الوسائل الأخرى إليها، كوحدة الإضاءة والدولاب الملتصق لحفظ الأعمال وكرسي خاص ملتصق بالماكينة (زينهم، ١٩٩٩م، ص ١١٧- ١١٨).

**- الحفر بالحجر اليدوي:**

وتستخدم فيه الرقائق المعدنية للحفر، ويستخدم في الأعمال الدقيقـة تتـراوح أقطار أقراص التشغيل ما بين ٨/١ إلى ٥ بوصات، ويتغذى أثناء الدوران والحفـر بزيت بذرة الكتان، ويمكن الاستعانة بهذا الحجر اليدوي في المسطحات الزجاجيـة الكبيرة وفي هذه الحالة يستبدل زيت بذرة الكتان برش المسطح برشاش من المـاء المستمر أثناء عملية الحفر (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٢٢).

**- طريقة الحفر بالإبر المعدنية:**

حيث تغمر القطعة الزجاجية المراد تنفيذها في سائل من الشمع ليعطي طبقـة رقيقة فوق القطعة، وغالباً ما يستخدم في هذه العملية شـمع البـرافين Paraffin أو التربولين Rosin بعد إجراء عملية التسخين لوضعه في الحالة السائلة، بعدها يثبـت الزجاج بعد سحبه من مصهور الشمع ووضعه على منجلة التفريغ المثبتة في ماكينة الحفر، والمتصلة بموتور متحرك ليعمل على دوران هذه المنجلة وعليهـا القطعـة المعرضة لعملية الضغط على السطح عن طريق إبرة حديدية ذات أقطار صـغيرة، وهذه الإبرة المثبتة في ماكينة الحفر عن طريق قاعدة مربعة تتحرك حركات تذبذبية مختلفة ناتجة من علبة التروس المصنعة للخطوط التي قام بتنفيذها الفنان المختص.

وينتج من هذه العملية حفر على الطبقة الشمعية التي تكسو القطعة الزجاجيـة، وبعد ذلك ترفع القطعة الزجاجية من منجلة الحفر وتوضع في محلول من حـامض الهيدروفلوريك وقليل من حمض الكبريتيك لفترة زمنية محسوبة نظراً لسمك المنتج ودرجة تركيز الحامض، تُغسل بعدها القطعة بالماء المغلي بعناية وتجفف جيداً.

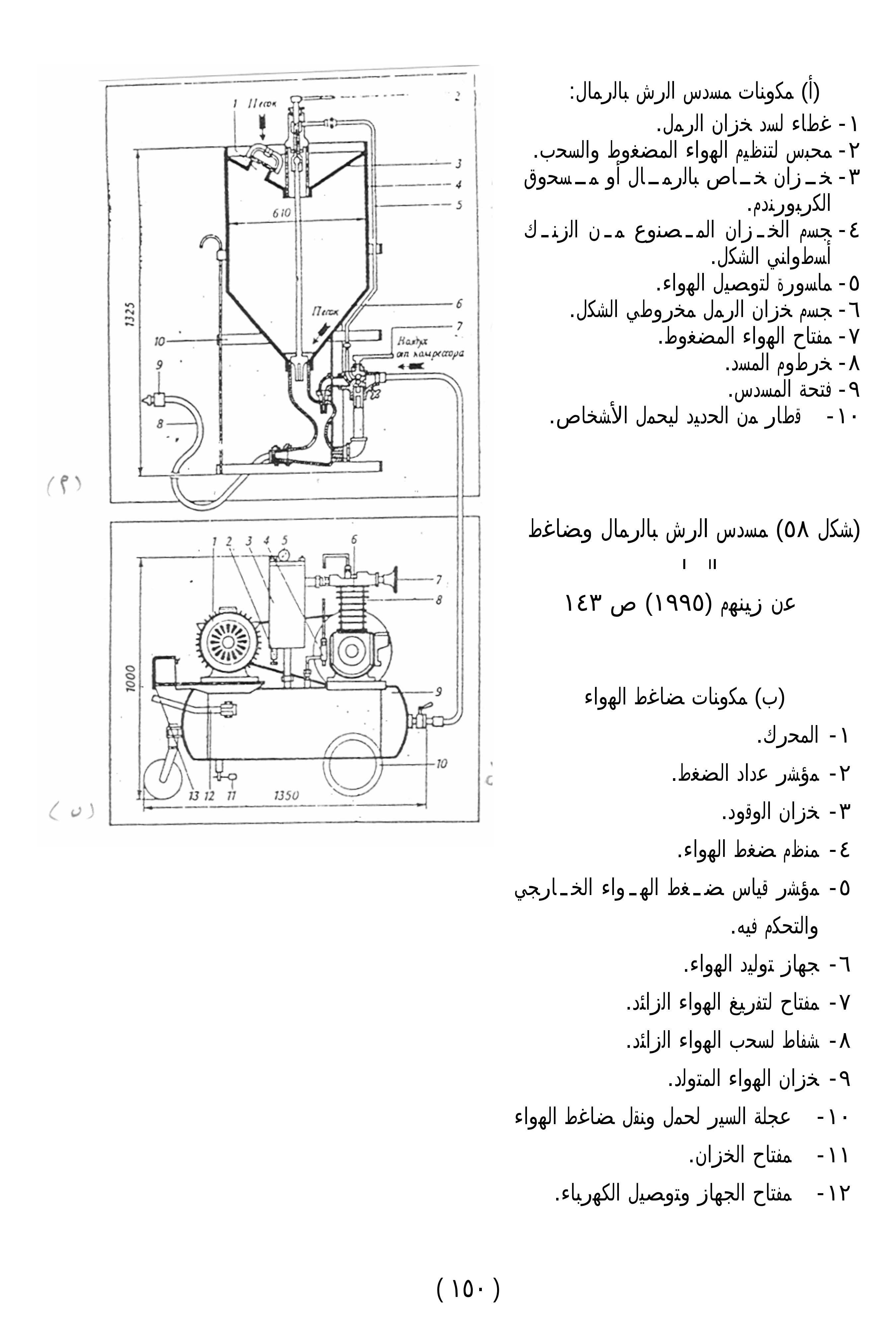
بعدها يتم التصميم المراد حفره على الورق في مساحات صغيرة إلـى حيـز التنفيذ على السطح الزجاجي عن طريق الخدش أي خدش الطبقة العاملة بإبرة مـن ماكينة الحفر المسطحة.

وبعد عملية الحفر نضعه في حوض الحامض وهو مصنوع من صاج معزول بمادة بلاستيكية لوضع حامض الهيدروفلوريك لكي يغطي الجزء المراد حفره، وبـه فتحة (فلتر) للهواء والتي تستخدم لشفط البخار الناتج عن التفاعل وباب للفتح والغلق بعد وضع القطعة داخل غرفة عملية الحفر وبه مكان لحفظ المنتج" (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٢٩- ١٣١).

## جـ الحفر على الزجاج بالطريقة الميكانيكية (الحفر بالرش)

**الرش ببودرة الكربورندم أو الرمال**:

لقد لوحظ أن زجاج النوافذ في المباني الموجودة على الشواطئ يحـدث بـه بعض الخدوش أثناء العواصف الرملية الشديدة، وذلك نتيجة لاصطدام الرمال بهـذه النوافذ الزجاجية، ولم تأخذ هذه الظاهرة وتطبق في الإنتاج إلا بعـد عـام ١٨٧٠م حيث أجريت عدة تجارب ميكانيكية بواسطة بنيامين شيو تلجيمان Benjamin Chew Tilghman، وقد أنتجت أول قطعة محفورة بالرمال عـام ١٨٧٠م، وبعـد ثـلاث سنوات استطاع تلجمان أن يصنع (ماكينة للرش بالرمال) عرضت في فيينا واسترعت اهتمام الفنانين بإحداث عدة تأثيرات مختلفة (سـعيد، ١٩٨٤م، ص٨١)، وتعتبـر هـذه العملية من أرخص العمليات الفنية وأكثرها انتشاراً. وتتلخص هذه العملية في نفـخ الزجاج المراد إجراء عملية الحفر عليه عن طريق حبيبات الرمل أو مسحوق مـن بودرة الكربورندم مع الهواء المضغوط (شكل ٥٨)، وكلما كانت حبيبـات الرمـال أكبر حجماً من حبيبات الكربورندم أعطى ذلك ملمساً يختلف عن الحبيبات الأصغر (شكل ٥٩) وأيضاً كلما كان ضغط الهواء أكثر من نسبة البـودرة أو الرمـال فـي مسدس الرش أعطى مسطحاً أكثر شفافية في نسبة اللون.




(أ) مكونات مسدس الرش بالرمال:

١- غطاء لسد خزان الرمل.
٢- محبس لتنظيم الهواء المضغوط والسحب.
٣- خـزان خـاص بالرمـال أو مـسحوق الكربورندم.
٤- جسم الخـزان المـصنوع مـن الزنـك أسطواني الشكل.
٥- ماسورة لتوصيل الهواء.
٦- جسم خزان الرمل مخروطي الشكل.
٧- مفتاح الهواء المضغوط.
٨- خرطوم المسد.
٩- فتحة المسدس.
١٠- قطار من الحديد ليحمل الأشخاص.

(شكل ٥٨) مسدس الرش بالرمال وضاغط

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٣

(ب) مكونات ضاغط الهواء

١- المحرك.
٢- مؤشر عداد الضغط.
٣- خزان الوقود.
٤- منظم ضغط الهواء.
٥- مؤشر قياس ضـغط الهـواء الخـارجي والتحكم فيه.
٦- جهاز توليد الهواء.
٧- مفتاح لتفريغ الهواء الزائد.
٨- شفاط لسحب الهواء الزائد.
٩- خزان الهواء المتولد.
١٠- عجلة السير لحمل ونقل ضاغط الهواء
١١- مفتاح الخزان.
١٢- مفتاح الجهاز وتوصيل الكهرباء.

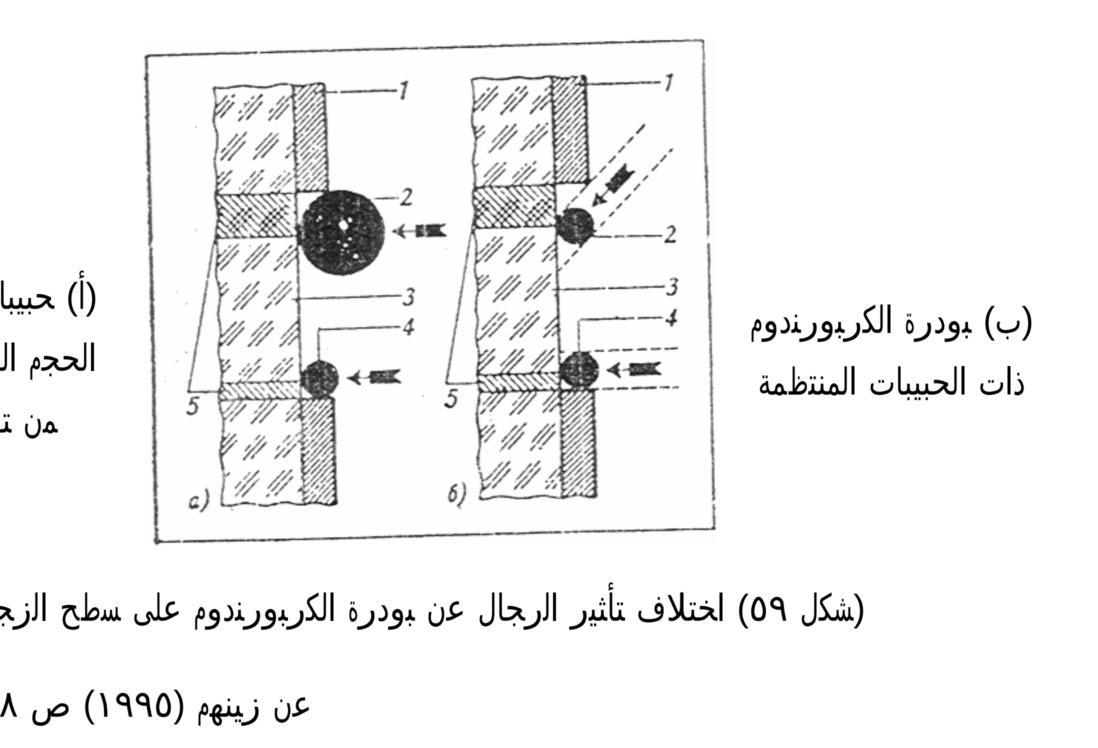
**طريقة التنفيذ:**

يجب أولاً رسم الشكل على ورق مقوى أو طبقة من البلاستيك المطاط، وهناك نوع جيد قد تم تصنيعه لهذه العملية وهو نوع من الورق المقوى بالبلاستيك وله طبقة سطحية من اللصق الذاتي لوضعها على القطعة بعد الانتهاء من عمل التصميم.

وطريقة العمل كالآتي:

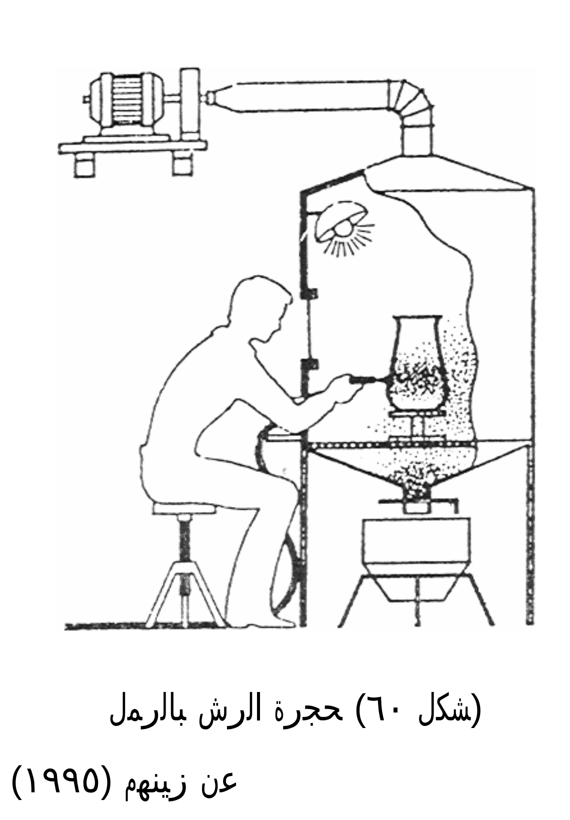
- رسم الشكل المراد تنفيذه مرتين على الورق المقوى أو لوحة من البلاستيك الشفاف، أو هناك بعض أنواع الورق المعد خصيصاً لهذا النوع من الحفر تلتصق تلقائياً بالضغط على الزجاج.
- إزالة الطبقة العازلة التي تغطي السطح اللاصق للورق الخاص بهذا النوع من التصنيع أو دهان الورق العادي أو البلاستيك بطبقة من الغراء.
- عمل اللوحة الزجاجية المراد تنفيذ الشكل عليها ثم لصق الشكل على لوحة الزجاج سواء بالضغط من الغراء ولصقها على السطح الخارجي.
- إزالة الفراغات المراد رشها بالرمل أو بودرة الكربورندم للحصول على اللون الأول من الحفر ورشها بالطبقة الأولى من الرش.
- لصق لوحة التصميم الثانية بعد إزالة الفراغات المراد ظهورها باللون الثاني ورشها بالطبقة الأخرى من مسدس الرش.
- إزالة الورق العازل وغسل آثاره بالماء والصابون وبذلك نجد أننا قد حصلنا على تصميم منفذ على السطح الخارجي مرشوش بالرمل ذي لونين مختلفين في تصميم واحد (زينهم، ١٩٩٥م، ص ١٤١، ١٤٢).

وقد أمكن ابتكار ماكينات صغيرة في الحجم رخيصة التكاليف قام بابتكارها موريس Morse بالولايات المتحدة الأمريكية حيث خلط الرمال بمادة ثقيلة لإعطاء




(شكل ٥٩) اختلاف تأثير الرجال عن بودرة الكربورندوم على سطح الزجاج

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٨



(شكل ٦٠) حجرة الرش بالرمل

عن زينهم (١٩٩٥) ص ١٤٨

تأثيرات أفضل، ويشير موريس إلى أن التعريض لا يكون في مكان واحد حيـث أن التجانس يعطي تنويعاً متعادلاً في درجات الظل الناشئة عن العمق (شكل ٥٩)، كما أضاف تقنية جديدة حيث مزج تشيلات T.Tiuchelut الرمال أو نداها بقطـرات مـن محلول حامض الهيدروفلوريك على سطح الزجاج سنة ١٨٩٦م.

كما تم إضافة عدة عمليات لتلك الطرق التكنيكية بغرض رفع مستوى العمـل لضمان الأمن الصناعي للإنسان وهذه الطرق هي:

ضغط الهواء العادي، الهواء المضغوط، الجمع بين الهواء العـادي والهـواء المضغوط، البخار، القوة الطاردة المركزية، استخدام خاصية الاحتكـاك أو تآكـل. (سعيد، ١٩٨٤م، ص ٨١- ٨٣).

## ثانياً: الدراسات السابقة:

قامت الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع الزجاج المعشق في معظمها على عرض وتناول تقنية واحدة من تقنيات الزجاج الملون والمعشق، وسيستفيد الباحث في إجراء دراسته على بعض من تلك البحوث والدراسات العلمية المرتبطة بجوانب البحث الحالي وسوف يتعرض لها الباحث لتوضيح أوجه الالتقاء والاختلاف على النحو التالي:

١- دراسة محمد أحمد حسن سالم تحت عنوان "التصوير الجداري ودوره في المجتمع المعاصر- رسالة دكتوراه غير منشورة ١٩٨٢ جامعة الإسكندرية وتتناول تأريخ لأعمال التصوير الجداري في مصر ودراسة وسائط التصوير الجداري المختلفة حيث يتعرض لتقنية الأداء لكل من تلك الوسائط ويتناول في الباب الأول الإطار التاريخي للتصوير الجداري بعرض نماذج للتصوير الجداري فيما قبل التاريخ ومقتنيات الفرسك الجاف في مصر. الفسيفساء المزجج في غرب آسيا والفسيفساء اليوناني والروماني وعصر النهضة.

أما الباب الثاني فيتناول وسائط التصوير الجداري وخطوات التنفيذ في كل منها كالفرسك الجاف والتمبرا والتصوير بالشمع والراتنجات الصناعية والزجاج الملون وتتفق تلك الدراسة مع دراستنا الحالية في التقنية الأخيرة فقط حيث تناول تلك الدراسة عرض جميع وسائط التنفيذ في التصوير الجداري بينما تهتم دراستنا بتناول تقنية تنفيذ الزجاج الملون بأنواعه المختلفة.

٢- دراسة طارق لطفي جاروة تحت عنوان "التحديث في فن الزجاج المعشق وتطبيق بعض التقنيات في مبنى مركز القاهرة للمؤتمرات" رسالة ماجستير ١٩٩٩ جامعة حلوان. ويتناول الباحث في الفصل الأول دراسة أثر الضوء على الأعمال الحديثة في ألمانيا ودور الفنانين الألمان في عملية التحديث في الزجاج الملون وتحطيم المفاهيم السابقة عن الزجاج المعشق، أما الفصل الثاني فيتناول

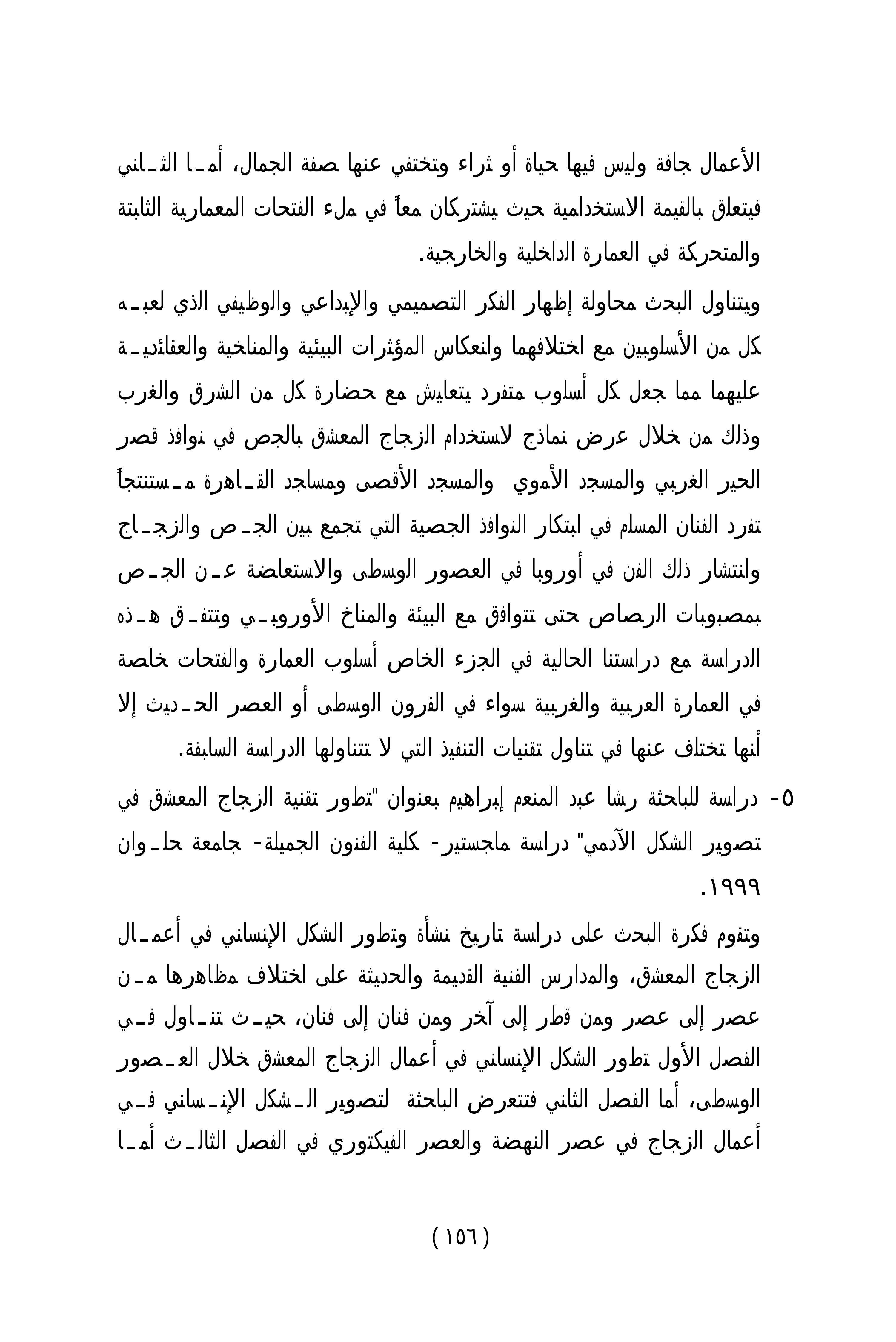
تطور الزجاج المعشق في إنجلترا وتخلى الفنانين عن قيود الكنيسة ثم تطور هذا الفن في فرنسا وخاصة بعد الحرب العالمية والاستعانة بفنانين أمثـال مـاتيس وشاجال وجاك ميلون ثم تلاهم في تلك الحقبة الزمنية الفنانين جـورج بـراك وراؤل أباك والتحديث باستخدام تقنية البلاطات الزجاجية من خلال الفنان جـان بل لوار، أما الفصل الثالث فيتناول حركة التجديد التي مرت بأمريكا في نفـس الفترة الزمنية وتتفق تلك الدراسة مع دراستنا الحالية في جزئية واحـدة وهـي الإطار التاريخي وتقنية استخدام البلاطات وتختلف عنها دراستنا الحاليـة فـي تناول معظم التقنيات التنفيذية في مجال الزجاج الملون.

٣- دراسة هوايدا أحمد عبد الحميد عبد الغفار بعنوان النوافـذ الحـصينة المؤلفـة بالزجاج الملون وعلاقتها بالعمارة الإسلامية- رسالة ماجـستير كليـة الفنـون الجميلة جامعة حلوان ١٩٩٩.

وتتناول تلك الدراسة مفهوم النافذة وأنواعها على مر العصور ثم مفهوم النافذة في العصر الحديث ودور اللون بداخل مسطحات الزجاج ثم تقنيات تنفيذ الزجاج المعشق بالجص ثم طرق ترميم الزجاج المؤلف بالجص وهي دراسة تتفق مع دراستنا الحالية في تقنية واحدة فقط من التقنيات التنفيذية لأعمال الزجاج المعشق بالجص.

٤- دراسة إيمان عبد الفتاح ندا تحت عنوان "استخدامات الزجاج في الفرغات المعمارية أوروبا والمشرق العربي" رسالة ماجستير غير منشورة بكلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان ١٩٩٧م.

وتناولت الدراسة تميز كل من الشرق والغرب بأسلوبين لهما أثرهما الواضح في عمارة القرون الوسطى والعصر الحديث حيث عكـس كـل مـن الأسـلوبين المؤثرات البيئية والحضارية والثقافية والعقائدية، وعلى الرغم مـن الاخـتلاف الكبير بينهما إلا أن هناك ثمة صلة وقرابة بينهما هو الضوء الذي بدونه تبـدو



الأعمال جافة وليس فيها حياة أو ثراء وتختفي عنها صفة الجمال، أما الثاني فيتعلق بالقيمة الاستخدامية حيث يشتركان معاً في ملء الفتحات المعمارية الثابتة والمتحركة في العمارة الداخلية والخارجية.

ويتناول البحث محاولة إظهار الفكر التصميمي والإبداعي والوظيفي الذي لعبه كل من الأسلوبين مع اختلافهما وانعكاس المؤثرات البيئية والمناخية والعقائدية عليهما مما جعل كل أسلوب متفرد يتعايش مع حضارة كل من الشرق والغرب وذلك من خلال عرض نماذج لاستخدام الزجاج المعشق بالجص في نوافذ قصر الحير الغربي والمسجد الأموي والمسجد الأقصى ومساجد القاهرة مستنتجاً تفرد الفنان المسلم في ابتكار النوافذ الجصية التي تجمع بين الجص والزجاج وانتشار ذلك الفن في أوروبا في العصور الوسطى والاستعاضة عن الجص بمصبوبات الرصاص حتى تتوافق مع البيئة والمناخ الأوروبي وتتفق هذه الدراسة مع دراستنا الحالية في الجزء الخاص أسلوب العمارة والفتحات خاصة في العمارة العربية والغربية سواء في القرون الوسطى أو العصر الحديث إلا أنها تختلف عنها في تناول تقنيات التنفيذ التي لا تتناولها الدراسة السابقة.

٥- دراسة للباحثة رشا عبد المنعم إبراهيم بعنوان "تطور تقنية الزجاج المعشق في تصوير الشكل الآدمي" دراسة ماجستير- كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان ١٩٩٩.

وتقوم فكرة البحث على دراسة تاريخ نشأة وتطور الشكل الإنساني في أعمال الزجاج المعشق، والمدارس الفنية القديمة والحديثة على اختلاف مظاهرها من عصر إلى عصر ومن قطر إلى آخر ومن فنان إلى فنان، حيث تناول في الفصل الأول تطور الشكل الإنساني في أعمال الزجاج المعشق خلال العصور الوسطى، أما الفصل الثاني فتتعرض الباحثة لتصوير الشكل الإنساني في أعمال الزجاج في عصر النهضة والعصر الفيكتوري في الفصل الثالث أما

الفصل الرابع فيتناول تغير تصوير الشكل الإنساني في مدارس ونزعات القرن الماضي- القرن العشرين.

كما تتناول الدراسة ألوان التصوير على الزجاج والوسائط المـذيبات وتقنيـات رسم وتصوير الشكل الإنساني والتصوير بألوان المينا والحفر علـى الزجـاج وتتفق هذه الدراسة مع دراستنا الحالية في أساليب التصوير علـى مـسطحات الزجاج وتقنيات الحفر وتختلف دراستنا الحالية في عدم تناول الشكل الآدمي في التصوير على الزجاج واشتمالها على عرض معظم التقنيات المستخدمة في تنفيذ الزجاج المعشق والملون.

٦- دراسة للباحث مصطفى عبد الرحيم سعيد تحت عنوان" تأثير اللون في المسطح الزجاجي الناتج عن طريق الإزالة والإضافة وعلاقتـه بالفتحـات المعماريـة الحديثة" دكتوراه غير منشورة- كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان ١٩٨٤م.

والرسالة تناولت الربط بين أثر اللون الناتج عن أسـلوب الإزالـة والإضـافة وعلاقته بالفتحات المعمارية الحديثة في الأسطح الزجاجية، وقد اشتملت الدراسة على ثلاثة أبواب تناول الباب الأول أثر اللون من تقنية على الأسطح الزجاجية الشفافة والمعتمة وتشتمل على توظيف الدرجات اللونية والظلية واستنباط حلول مناسبة.

أما الباب الثاني فيشتمل على دراسة للون من الناحيـة الكيمائيـة والـصناعية التطبيقية وأسباب وجود اللون وطرق تلوين وصباغة الأسطح الزجاجيـة كمـا أثبتت الدراسة أن المعالجة الحرارية ليست الوحيدة التي تؤثر في اللون بـل أن أشعة جاما والفوق بنفسجية حيث أمكن استخدامها في طبع الرسوم والزخـارف داخل نبتة الزجاج. وشمل الباب الثالث تأثير اللون عن طريق الإزالة والإضافة وكيفية تطبيقها وتطبيقات الباحث في ذلك المجال والدراسة تتفق مـع دراسـتنا الحالية فيما يخص دراسة اللون من الناحية الكيمائية والصناعية وطرق التلوين وتختلف عنها دراستنا الحالية في عرض أغلب التقنيات المستخدمة فـي تنفيـذ الزجاج المعشق.

# الفصـــل الثالث

**تأثير حركات ومدارس الفن الحديث في الزجاج المعشق:**

- حركات الفن الجديد.
- جماعة برج الزجاج.
- رسم وتصوير الشكل الإنساني في المدرسة التكعيبية.
- التكعيبية التركيبية عند فرناند ليجييه.
- أعمال الزجاج عند مارك شيجال.

**تأثير الحركة ومدارس الفن الحديث في الزجاج المعشق:**

ارتبط الزجاج المعشق منذ بدايته برجال الدين والكنيسة وأصبح تقليداً صارت عليه العصور الوسطى كلها، غير أن فناني القرن العشرين قـد أحـدثوا تـأثيرات وتطورات في استخدام الزجاج المعشق بالرصاص، فلم نجد فـي أي عـصر مـن العصور السابقة أعمالاً مميزة ومتأثرة بالأساليب والمدارس الفنية المتعـددة مثلمـا امتاز بهذا هذا القرن.

فتعددت المدارس والأساليب والحركات الفنية المتعددة في فن الزجاج المعشق والتصوير والحفر على الزجاج. وأصبح لفنان الزجاج في هذا القرن ذاتية وشخصية بعد أن كان مجرد مترجم يترجم ما عليه رجال الدين والكنيسة، فأصبح يجمع بين ما يريده رجال الدين وبين ما يحس به، وكذلك تأثره بالأساليب المختلفـة والمـدارس المستحدثة في فن التصوير على الزجاج كما أن فنان هذا العصر لم يرتبط بالمبـاني الدينية فقط بل عايش العمارة الحديثة، والتي مهدت له الحركة الجمالية.

وكان لكل فنان رؤية ووجهة نظر خاصة قد تشترك أو تختلف مع الفنانين في هذا المجال، ولكنهم اشتركوا في دقة وجوده العمل التقني للزجاج المؤلف بالرصاص والاستعانة بالعديد من الخامات الأخرى لتحل محل الرصاص كالأسمنت خاصة في الواجهات المعمارية الكبيرة لكي يعطي الإحساس بالكتلة والشكل في الواجهات المعمارية.

وقد اهتم عدد من ممثلي المدارس الحديثة كالمـدارس التكعيبيـة والتجريديـة والتعبيرية والوحشية، والسيريالية لهذا الفن وأعادوا إليه نهضته خاصة بعـد أن تـم إعادة بناء الكنائب التي دمرتها الحروب (زينهم، ١٩٩٥م، ص ٤٤).

وتضيف نعمت علام، (١٩٧٦م):

> "ولقد كان لهذه النزعات أو المدارس الفنية فلسفة تحطـيم الأشـكال الطبيعيـة وتحريفها، فقد تحرر الفنان في هذا القرن من التقاليد الفنية التي كانت متبعة فـي القرن السابق، وابتعد عن الواقعية الموضوعية وبدأ طريقاً جديداً لم يتقيد بأشكال المرئيات وألوانها. تفرعت من هذه المذاهب عدد من النزعات الفنية" (ص١٢٧).

**١- حركات الفن الجديد:**

وبينما كانت أمريكا في مقدمة عمليات الابتكار في مجـال تقنيـات الزجـاج المعشق، كان هناك اندفاع كبير تجاه تعبير جديد في إنجلترا واسكتلندا بالذات ونشأت حركة الفن الجديد في الزجاج المعشق.

فقد انتشرت حركة الفن الجديـد Art Nouveau أو Modern أو Jugend Style في أوروبا في حوالي ١٨٩٠، وهي حركة فنية جديدة في ميادين الفنـون التطبيقيـة والعمارة تهتم باستلهام الطبيعة لعمل أشكال وتكوينات زخرفية. وبالرغم من أن هذه الحركة قد استمدت كثيراً من شخصيتها من أسلوب " ما بعد التأثيرية "، إلا أنها لـم تكن في الحقيقة أسلوباً معيناً في التصوير، وقد ازدهرت هذه الحركـة مـن الفتـرة ١٨٩٥- ١٩٠٥، فقد اتجه الكثير من المصورين إلى الأعمال الزخرفية، ومثلت أول طراز دولي جديد منذ العصور الوسطى (نعمت علام، ١٩٧٦، ص١٢٤).

وكان تأثير حركة الفن الحديث في الزجاج المعشق قوياً على معظم مباني تلك الفترة، ومن أهمهم الاسكتلندي دوجـلاس ستراشـان Douglas Strachak والفنـان كريستوفر هول وكارل بارسونز وسير نينيان كـومير ولكـنهم لـم يـصلوا لقـوة دوجلاس، وتأثر الفنان دوجلاس بشدة باللوحات الأخيرة التي صورها إدوارد بورن جونز، التي أظهر فيها قوة أداء وجرأة فائقة وكان ذلك في بداية أعماله ثم جذبته بعد ذلك حركة الفن الحديث فأصبح أهم من تأثر بها.

وكان فن دوجلاس مشابهاً إلى حد كبير لفن تيفيني من ناحية أنه اسـتغل كـل وسيلة ممكنة للجانب التقني (التكنيكي) لإعطاء فنه صـفات رومانتيكيـة غامـضة، فمعظم أشخاصه تبدو كما لو كانت من عالم آخر أشـكاله غريبـة، ولقـد وصـفوا شخوصه بأنها مخيفة وخيالية، ونحن نصفها بأنها مبتكرة ذات قدرة لونيـة مميـزة، عبر فيها بخطوط الرصاص تعبيراً قوياً حيث سجل طيات القماش عن طريق تقطيع

الزجاج باتجاهها مستخدماً الطابع الزخرفي واقتصر تصويره للملونات على التفاصيل الضرورية كالوجه والأيدي (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص ص ٧١- ٧٢).

**٢- جماعة "برج الزجاج" Tower of glass**

وفي مطلع القرن العشرين، "بدأت النهضة الإيرلندية، وبدأت معها جماعة أطلقت على نفسها جماعة "برج الزجاج"، في دبلن Dublin، تكونت من ثلاثة من أشهر مصوري الزجاج، وهم جاك يتس Jack Yeats، والسير/ ويليام أوربن William Orpen وهاري كلارك Hary Clark الذي نعده أشهرهم وأفضلهم من الناحية التقنية، فأسلوبه في رسم الأشخاص يحيط به حالة من الغموض الرومانسي الساحر، فنجد شخوصه تبدو وكأن وجوهها عليلة واهنة، والأيدي ضعيفة بارزة ترتدي ملابس تستمد زخارفها من عناصر مفروشات الشرق الأقصى.

وانضم بعد ذلك إلى جماعة برج الزجاج الفنان مايكل هيلي Mmicheal Healy الذي اشتهرت أعماله بتقنية الحفر بالحامض، والفنانة ويلهلمينا جيدس Wihlelmine Geddes والتي قيل عن ألوانها أنها أفضل ألوان منذ بداية القرن العشرين (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص ٧٢- ٧٣).

وقد اهتمت فرنسا بعد ١٩٤٥ بأعمال الزجاج المعشق، فكلفت كبار الفنانين المصورين الفرنسيين في ذلك الوقت تكليفاً مباشراً لوضع التصميمات الخاصة بالزجاج المعشق، ورفض بيكاسو هذه الفكرة تماماً، أما ماتيس فلم يقتنع بفكرة الرسم والتصوير على الزجاج، فكانت له أعمال لا تذكر في هذا المجال. وإذا كان بيكاسو وماتيس لم يتحمسا لهذه الفكرة، فإن العديد من الفنانين قد قاموا بأعمال رائعة عندما كلفوا بتصميم العديد من الكاتدرائيات أمثال مارك شاجال Marc Chagall وجورج روو George Roualtt وفرناند ليجبيه F. Leger وجورج براك George Barque وباول بوني Paul Bony وغيرهم من رواد مدارس التصوير الحديث (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص ٧٤).

### ٣- رسم وتصوير الشكل الإنساني في المدرسة التكعيبية:

رفضت التكعيبية محاكاة الأشكال البشرية الطبيعية، فبدأ الفنان فـي اختـزال الشكل الإنساني إلى أشكال هندسية وخطوط مستقيمة، ثم يعيد صياغتها من جديد في صورة بعيدة كل البعد عن عناصرها الأصلية مشوهاً تماماً معالم الشكل الطبيعـي، مما يتفق وفكرة هذه الحقبة بعد حربين عالميتين، وظهور القوى الصناعية الحديثـة، فهذا ما كانت تدعو إليه الحركة التكعيبية، تلك الحركة التي تعد أضخم انتفاضة فنية عرفها العصر الحديث والذي يعد بيكاسو وجـورج براك رائـدها (نعمـت عـلام، ١٩٧٦، ١٣٨).

### ٤- التكعيبية التركيبية عند فرناند لجيبه F. Leger

فرناند ليجيبه هو أحد زعماء المدرسة العـصرية الحديثـة- وهـو فرنـسي الأصل- "وبالرغم من انتمائه إلى المدرسة التكعيبية في عام ١٩٠٧، إلا أن أسـلوبه يختلف عن أسلوب براك وبيكاسو، حيث سرعان ما كون لنفسه أسلوباً مستقلاً بنائيـاً يحتوي على عناصر المدرسة التكعيبية والمستقبلية، وسمي هذا المـذهب "التعكيبيـة التركيبية " وسماه الفنانون " الفن الأنبوبي".

دخل ليجيبه الجيش خلال الحرب العالمية عام ١٩١٤هـ تأثر خلالهـا بـالآلات الحربية والأشكال الديناميكية في الأشكال الآلية على شخوصه التـي يغلـب عليهـا الطابع الميكانيكي الهندسي، فكان يرسم مجموعات ضخمة مبسطة سـطحية مفككـة الأوصال تشبه الإنسان الآلي، ولقد ساعدت الألوان البراقة الزاهية على زيادة التأثير بضخامتها، كما تميزت بعنصر زخرفي مبسط الشكل (نعمـت عـلام، ١٩٧٦، ص ١٤٨- ١٤٩).

وقد كانت شخوصه في الزجاج المعشق تماماً كلوحاته الزيتيـة، "فقـد اتخـاذ لإظهارها بهذه الصورة تقنية خاصة جداً وعصبة للغاية سماها الألواح الزجاجيـة،

وهي عبارة عن ألواح من الزجاج تعشق بالأسمنت (الخرسانة) Dalle- de- Verre بدلاً من الرصاص والجبس يكون فيها الزجاج سميكاً للغاية، ومن هنا جاءت صعوبة هذه التقنية، ولقد صمم ليجييه العديد من شخصياته على هذه الألواح الزجاجية والتي توجد معظمها الآن في متحفه (متحف ليجييه) في مدينة فار Var بفرنسا.

وتعتبر تقنية الزجاج من الأسمنت من التقنيات المستحدثة شديدة الصعوبة وبالرغم من ذلك إلا أن فنان العصر الحديث تحدى هذه الخامة وشكل بها شخوصه، فصور لنا الفنان كولين موريس Colwyn morris شكل (٦١) حيث استخدم فيها الفنان زجاجاً يبلغ سمكه ٢٥ مليمتر، ولأننا نعرف أن هذه التقنية المستحدثة تختلف عن تقنية الزجاج المعشق بالرصاص والمعشق بالجبس نظراً لأن الزجاج المستخدم المعشق بالرصاص أو بالجبس لا يتجاوز سمكه ٥ مليمتر، أما هذه التقنية فإن الزجاج المستعمل مع الأسمنت لا تقل عن بوصة، مما يشكل صعوبة في كيفية التعامل معه، خاصة في تقطيعه، ولابد للفنان المشتغل بهذه التقنية من حساب مصادر الضوء، وطراز المبنى وتحضير المونة الخرسانية من الأسمنت والرمال مع تسليحها بالأسياخ المعدنية الحديدية (محمد زينهم، ١٩٩٥، ص ٨٧- ٨٨).

**أعمال الزجاج المعشق عند مارك شاجال Marc Chagall**

عند الحديث عن فن مارك شاجال فإننا لا نستطيع تصنيفه أو درجه تحت مدرسة معينة، فقد وصفه الناقد الكبير مارسيل أرلاند Marcel Arland فقال: " ليس لابد لكل مصور عظيم أن يجمع بين فنه وفن الزجاج المعشق بالرصاص، ولكن ربما تكون هناك (فرصة) للجمع بين التصوير والزجاج في آن واحد مثلما توفرت لمارك شاجال، فأسلوبه يجمع بين التجريدية والسيريالية كاتجاه، هذا بالإضافة لاحترامه للوسائط ودورها في التشكيل (مصطفى عبد الرحيم، ١٩٨٤، ص ١٨٧).



(شكل ٦١) لوحة تشكيلية للفنان كولين موريس باستخدام كتل الزجاج والأسمنت

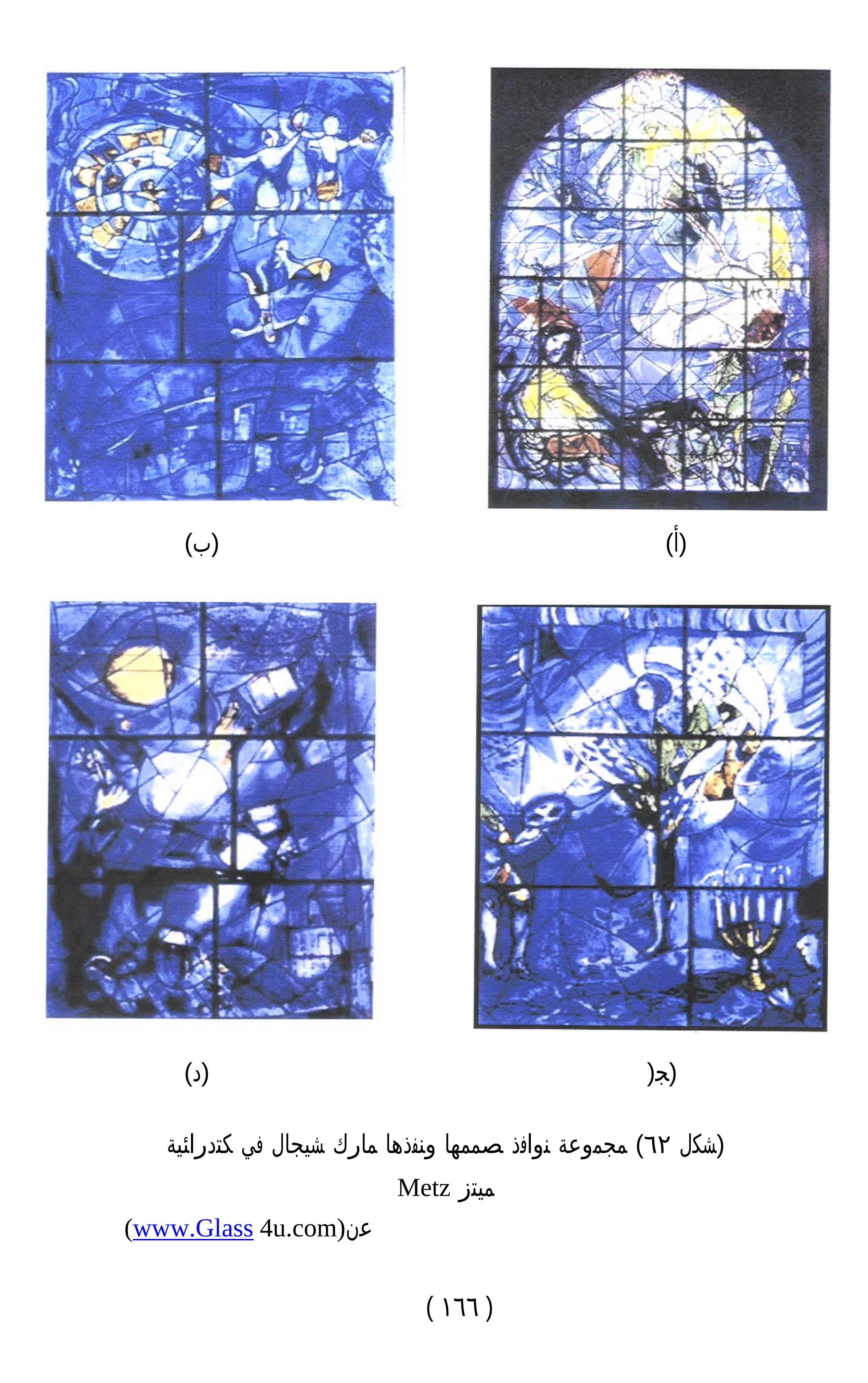
عن أرميتاج (١٩٥٩) ص ١٥٩

وأطلق هذا الفنان- الروسي المولـد- عنـان خيالـه فـي تـسجيل لوحاتـه ذات الموضوعات والأشكال الآدمية الخرافية التي تتميز بنزعة شاعرية، تعتمـد علـى رؤياه الحالمة وهو ما تؤكده (نعمت علام، ١٩٧٦).

> " وقد كانت شخوصه أقرب ما تكون إلى عـالم الخيـال اللامعقـول المختلطـة بذكرياته وتجاربه، وفي العشرينات والثلاثينات وصفت شخوصه أو أعماله بأنها سيريالية لأنها تشبه الأحلام والتي كانت تهدف إلى الغوص في أعمال اللاشعور للبحث عن مصدر إلهام الفنـان بعيداً عن الرقـابة التي يفرضهـا العقل، وقـد كان موضوع الصـلب هو الموضوع الغالب على معظم أعماله في تلك الفتـرة (ص ١٩٥- ١٩٦).

تعرف مارك شاجال على فن الزجاج المعشق بالرصاص في آخـر أيامـه- عندما بلغ ٩٩ عاماً- ولكنه ظل يعمل بكل جهد حتى آخر أيام حياته، ولا عجب أنه نجح في إنجاز أكبر قدر من أعماله في سنواته الأخيرة.

ولقد ظلمه أحد النقاد عندما قالوا أنه عندما نشاهد إحدى نوافذ شـاجال فكأننـا نشاهد جميع نوافذه، ولكننا نقول أنه يوجد تشابه إلى حد كبير بـين محاولاتـه مـن البداية إلى النهاية أي أن أسلوبه يتمتع بالثبات المتميز، فلو تأملنا أي عمل من أعماله المتشابهة الأسلوب، ولتكن كاتدرائية ميتز Metz شكل ( ٦٢ ) حيث تمتلئ النافـذة الوحدة لأي عمل من أعماله بأعداد ضخمة من الأشخاص تسبح كأنها طـائرة فـي الفضاء الخالي يميناً ويساراً لأعلى وأسفل ولا تخضع لأي جاذبية أو نظام ثابـت أو منظور هندسي أو أية قواعد، معتمداً في تصوير شخوصه على الخطوط المنحنيـة المرنة والدائرية، وقد وفق فيها خطوط الرصاص مع التصميم وهي كما نعرف من أصعب المهام البصرية في تصميم الزجاج المعشق.




(شكل ٦٢) مجموعة نوافذ صممها ونفذها مارك شيجال في كتدرائية

ميتز Metz

عن(www.Glass 4u.com)

فقد كان لا يبالي في تصوير لهذه الشخوص بالنسب التشريحية أو شـكل الإنـساني الواقعي، كما كان في بعض الأحيان يرسم جزءاً منه ويترك باقي أجزاء الجسم للعين لتكمله ضمن التصميم منفذاً أساوبه بحرية وانطلاق.

"وقد كانت كل نافذة من نوافذه تحظى بلون واحد وهذا من أهم ما يميز أسلوب شاجال والذي أخذه عن رودلف شتاينر Rudolph Steiner، وهي أرضـية أحاديـة اللون (المونوكروم Monochromatic) حيث نجد إحدى نوافـذه زرقـاء والأخـرى صفراء أو حمراء مثلاً وتأخذ شخوصه نفس لون الأرضية المونوكرومية، وما يراد به أن يكون فاتحاً يغمس بالحمض لمدة محدودة حيث كلما طالت المدة كلمـا كـان الجزء المراد أفتح، حيث يتم إغراق السطح الخارجي من قطعة الزجاج في حمام من الحمض.. وهكذا إلى أن ينتهي العمل، هذا بالنسبة للفاتح، أما الدرجات الداكنة فتترك بدون تحميض (بدون وضعها في الحمض) أو تـصور بـالألوان الـسوداء القابلـة للحريق، ولنا أن نتخيل كم الوقت والمجهود المبذول لإخراج هذا العمل التـصويري بالزجاج بهذه الكيفية هذا بخلاف الأضرار الصحية من الغازات السامة الناتجة عـن هذا الحمض ذي الحدين.

ولهذا كانت النافذة الواحدة لشاجال تستغرق في تنفيذها وقتاً يعادل عشرة أمثال الوقت المستغرق لنافذة مصور آخر (رشا إبراهيم، ١٩٩٩، ص٧٨- ٨٨).

ومن الجدير بالذكر أن مارك شاجال كان يلجأ لمساعدين لتنفيذ أفكاره خاصـة أن أحجامها العملاقة لا يستطيع فنان تعدى التسعين من عمره أن يقوم بتنفيذها بنفسه ومن أشهرهم سيمون مارك Simon Marc.

## الفصـــل الرابع

# التجربة العملية للباحث

١- تجارب للزجاج المعشق بالجص والزجاج المؤلف بالرصاص وشرائح النحاس.

٢- تجارب للزجاج المعالج بالحرارة.

**التجربة العملية للباحث**:

قام الباحث بإجراء مجموعة تجارب تطبيقية وذلك من خلال مجموعة من التصميمات المستقاة من التراث والزخارف الشعبية (أنظر الملحق) حيث تم تنفيذها في مجموعة من التقنيات المتنوعة بين التقنيات التقليدية كالزجاج المعشق بالجص أو الزجاج المؤلف بالرصاص وشرائح النحاس وتطبيقات أخرى مثل لصق الزجاج الملون على الزجاج الشفاف وعملية قطع وحرق بلاط الزجاج ثم لصقها باستخدام خلفية من الزجاج ثم رشه بالرمل- مثلج - وجميعها في مساحة موحدة ٦٠× ٩٠سم ويعرضها الباحث كما يلي:

**العمل رقم (١) زجاج مؤلف بالجص (شكل ٦٣):**

وتتناول التجربة تصميم وتنفيذ زجاج معشق بالجص وخطوات التنفيذ كما يلي:

أ- تم إعداد التصميم على ورق شفاف مكون من وحدات زخرفية مستوحاة من زخارف الباحة ومقاس العمل ٦٠× ٩٠ سم.

ب- تم إعداد إطار من الخشب السويدي سمك ٢سم وعرض ٥سم حيث تم مراعاة أن يكون الإطار مفرزاً من الداخل ١×١سم حتى يمكن للجبس أثناء عملية الصب أن يملأ هذا التجويف مما يوفر للشكل تماسكه بالإطار، ونظراً لأن الشكل صغير نسبياً فلم يتم تسليحه داخلياً بالنحاس أو الصلب الذي لا يصدر- مجلفن- حتى لا يتعرض للصدأ.

جـ- تم تثبيت الإطار في وضع أفقي على سطح أملس من الرخام حتى نتمكن من الحصول على سطح مستو بعد صب الجبس.

د- ثم إعداد الجبس المخلوط بالماء في إناء مناسب حيث روعي في تحضيره ما يلي:

١- وضع الماء أولاً.

٢- رش الجبس بكميات قليلة فور سطح الماء ويترك ليرسب في قاع الإناء.

٣- تكرر عملية رش الجبس حتى يغطي سطح الماء مما يعني أن نسبة الماء إلى الجبس ٥٠% من الخليط وهي نسبة ملائمة للحصول على سطح صلب متماسك يمكن العمل عليه بسهولة.

٤- ثم تقليب الخليط بالقدر المناسب لضمان امتزاجه حيث أن كثرة التقليب يضعف من تماسك الجبس.

٥- ثم صب الخليط داخل الإطار الخشبي بهدوء منعاً لتكون الفقاعات الهوائية داخل جسم الجبس بعد خلطه.

٦- ثم تسوية سطح الجبس ليتساوي في ارتفاعه مع سطح الإطار الخشبي باستخدام قطعة – مسطرة- من المعدن.

٧- بعد جفاف البلاط ثم نقل التصميم- ورقة الشفاف- إلى السطح المستوي من الجبس باستخدام أوراق الكربون.

٨- ثم تثقيف بلاط الجبس في أماكن معينة داخل الخطوط الخارجية التي تحدد الأشكال التي سيتم تفريعها من التصميم على أن يسمح اتساع التثقيف بمرور سلاح المنشار الدقيق- الزوان- وإجراء عملية النشر والتفريغ.

٩- ثم عمل مراجعة نهائية بعد تفريغ الجبس باستخدام المبرد والصنفرة للتخلص من الأجزاء التي لم يتم تسويتها بسلاح المنشار.

١٠- ثم وضع الإطار مرة أخرى في وضع أفقي ليتم تثبيت قطع الزجاج.

١١- ثم دهان محلول الغراء الأبيض- البولي فينيل أسيتيت- ذو قوام مناسب لالتصاق الزجاج بسطح الجبس.

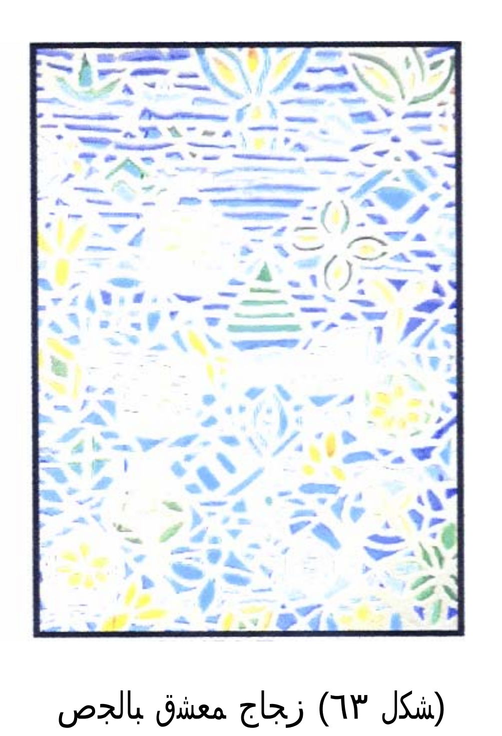
١٢- ثم تثبيت قطع الزجاج التي سبق تقطيعها حسب التصميم في أماكن الجبس المفرغة وتركت لتجف.

ونظراً لأن التثبيت بالغراء هو تثبيت مؤقت حتى لا تتحرك قطع الزجاج من أماكنها فأنه يتم صب طبقة رقيقة من الجبس بنفس التركيب والنسب السابقة وبسمك الزجاج (٣-٤) ثم لتملأ الفراغات الناتجة من بين قطع الزجاج ويتم سحب الجبس كالمعجون باستخدام المسطرة المعدنية ليملأ هذه الفراغات.

- يتم تنظيف سطح الزجاج وتلميعها.
- والهدف من العمل هو التعرف على أسلوب التنفيذ التقليدي بشكل عملي وإظهار حدود وإمكانية ونوعية التصميمات الممكن تنفيذها به.

**العمل رقم (٢) زجاج معشق بالرصاص (شكل ٦٤):**

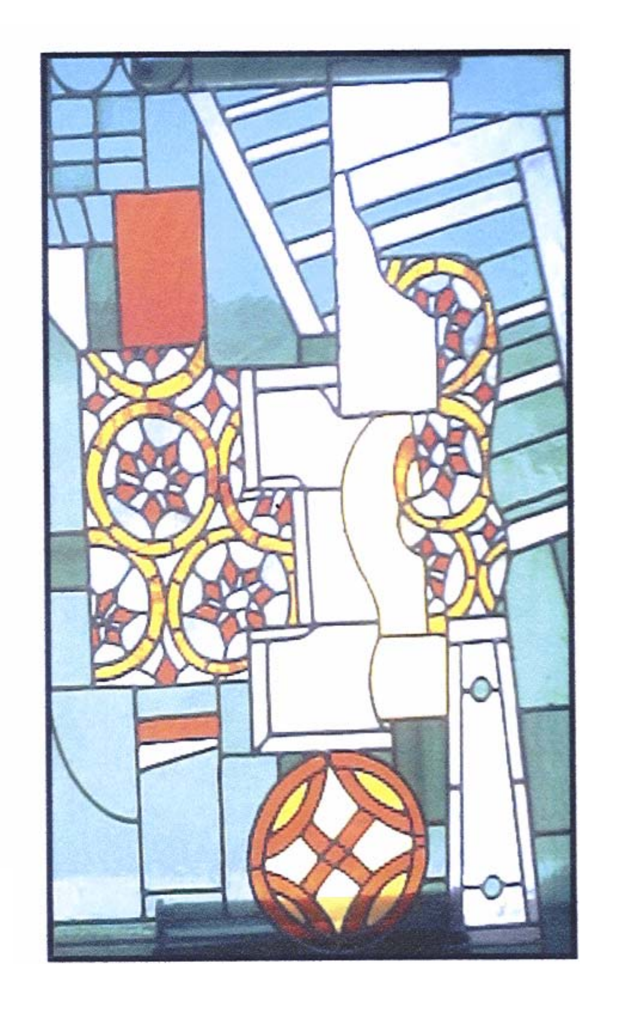
- تم إعداد تصميم مستوحى من الزخارف التراثية المحفورة على الأخشاب في منطقة الباحة حيث تم الاستعانة ببعض الوحدات الزخرفية (أنظر الملاحق).
- روعي عند إجراء تحديد الألوان على التصميم أن تكون الوحدات الزخرفية الأساسية من الألوان الساخنة كالأصفر والأحمر وباقي الأجزاء بالألوان الباردة كالأخضر والأزرق، كما تم الاستعانة بالزجاج الملون ذو الجودة على الرغم من تميز سعره بالارتفاع.
- تم قطع الزجاج حسب الترقيم الموجود على التصميم ثم إجراء لحام وتجميع الأجزاء حسب التصميم، تبع ذلك أجزاء عملية لحام أجزاء الرصاص من كلا الوجهين.
- بعد انتهاء عملية اللحام تم إجراء عملية المعجون لتثبيت قطع الزجاج في مجرة الرصاص.
- يتبع هذا العمل النمط التقليدي المتبع في تنفيذ الزجاج المعشق بالرصاص، حيث تطلب البحث إجراء ذلك للوقوف على المشكلات التي تواجه فنان الزجاج المعشق بالرصاص وكيفية معالجتها.

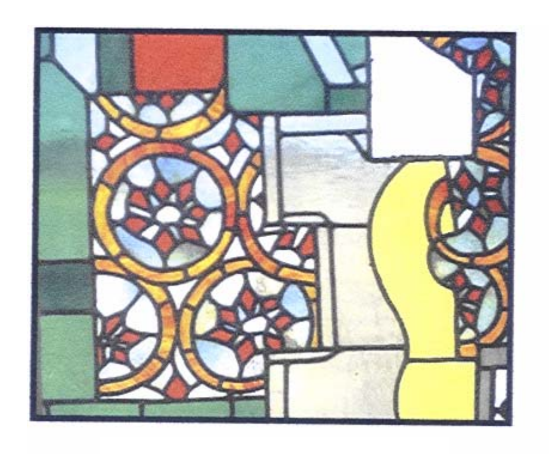


(شكل ٦٣) زجاج معشق بالجص



تفصيلية





تفصيلية

(شكل ٦٤) زجاج مؤلف بالرصاص

**العمل رقم (٣) زجاج معشق بالرصاص (شكل ٦٥):**

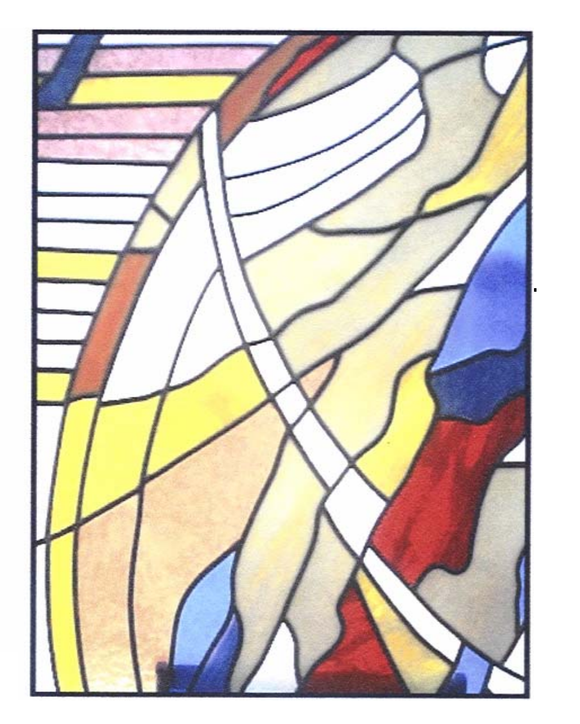
- المراحـل التنفيذية لهذا العمل هي نفس خطوات التنفيذ في العمـل الـسابق (شكل٦٤) والاختلاف يتمثل في التصميم وتعدد الألوان ففي حين استخدام في العمل السابق مجموعة من الألوان القاتمة الشفافة في تنفيذ أرضية العمل، فقد استخدم في هذا العمل الزجاج الأوبالين الذي يتميز بتباين شكل السطح بـين درجات اللون القاتم والفاتح كما أنه أقل شفافية من الزجاج الملون مع استخدام الزجاج نصف الشفاف لتأكيد التصميم في بعض المناطق.
- تم اتباع نفس الخطوات في العمل السابق رقم (٢) من حيـث تـرقيم قطـع الزجاج على التصميم وقطع الزجاج وعملية اللحام.
- نوع التصميم ولون الزجاج المنفذ به يؤثر بدرجات متنوعة على شدة الضوء الذي ينفذ منه إلى الداخل.
- روعي في المجموعة اللونية المستخدمة في التنفيذ أن تكـون متنوعـة بـين الألوان الساخنة كالأحمر والأصفر مع الزجاج نصف الشفاف مـع اسـتخدام الألوان الباردة كالأزرق ودرجاته في أجزاء محـدودة ممـا يؤكـد الألـوان الساخنة في التصميم.

**العمل رقم (٤) زجاج ملون معشق بشرائح النحاس (شكل ٦٦):**

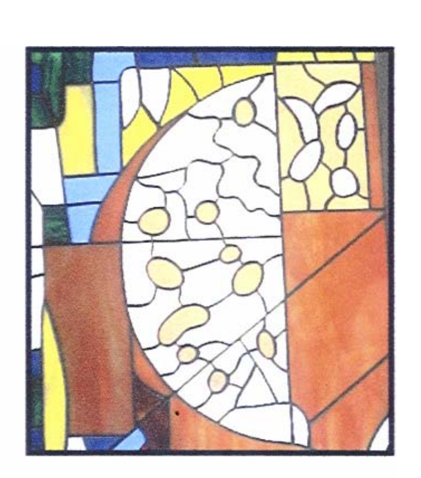
- الاعتبارات العملية التي دعت إلى تنفيذ هذا العمل هي التأكـد مـن أمكانيـة التقنية لطريقة شرائح النحاس في تنفيذ التصميمات المستوحاة من التراث.
- خطـوات التنفيذ تبدأ بإعـداد التصميم على الورق بنفس مساحـة التنفيـذ ٦٠×٩٠سم، حيث روعي أن يكون التصميم على قـدر كبيـر مـن التـأثر بالزخارف في معالجة تصميمية تجمع بين النمط الزخرفي التقليدي والتحـرر في تناولها.



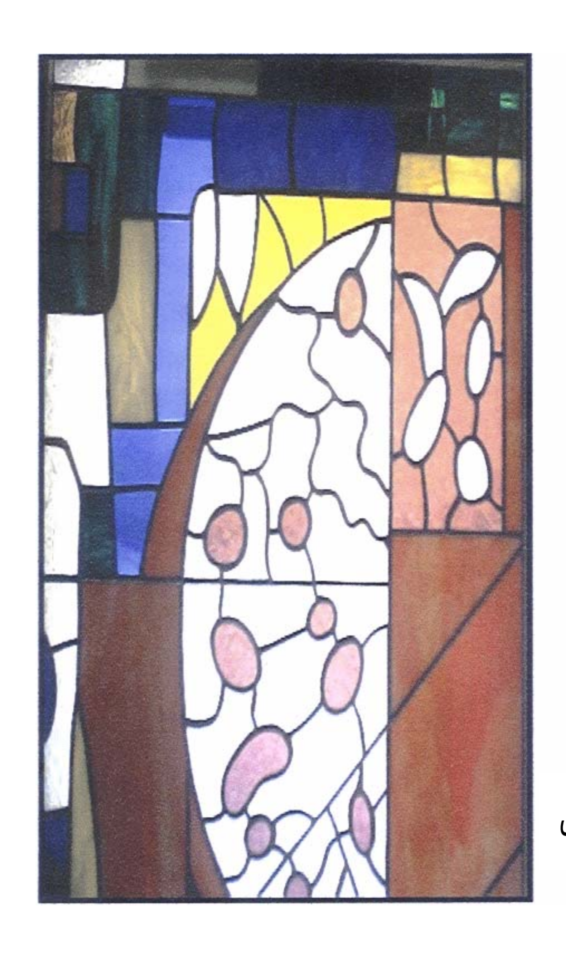
تفصيلية



(شكل ٦٥) زجاج مؤلف بالرصاص



تفصيلية



(شكل ٦٦) زجاج مؤلف بشرائح النحاس

روعي اختيار ألوان التصميم بحيث تكون المجموعة ذات تألق، حيث تطغى الألوان الساخنة كالأصفر والأحمر على التصميم مع تحييد بعض المساحات باستخدام الزجاج نصف الشفاف.

- بعد إجراء قطع الزخارف واحاطتها بشرائح النحاس ثم إجراء اللحام لكامل الشرائط النحاسية، مع مراعاة شكل إزابة وتسييل القصدير باستخدام كاوية اللحام بحيث تكون بشكل دائري حتى تكون الخطوط الناتجة عن اللحام ذات ملمس يشبه قشر السمك في التتابع.
- تأكد هذه التقنية إمكانية تقسيم المساحات وإمكانية احتوائها على تفاصيل صغيرة، يمكن تجميعها ليصبح التصميم مزيجاً من الزجاج الملون وشرائط النحاس المغطاة بالقصدير، التي تقوم بدور التثبيت وتأكيد الدور الجمالي لها من خلال الخطوط الخارجية المحيطة بكل قطعة.

**العمل رقم (٥) بلاطات زجاج ملون معالج بالحرارة على زجاج شفاف (شكل ٦٧):**

- تم إعداد تصميم يتضمن مجموعة لونية من البلاطات الزجاجية سمكها ٤ملم وأبعاد الوحدة ٨× ٨سم يتم قطعها إلى قطع ذات هيئة هندسية متباينة ومتغيرة، يتم وضعها على بلاطة من الزجاج الشفاف بسمك ٤ملم وأبعادها ١٠× ١٠سم، بحيث تتوسطها البلاطة الملونة ليكون هناك ١سم من الزجاج الشفاف في محيط البلاطة الملونة ثم يتم قطع البلاطة الشفافة بنفس نظام قطع البلاطة الملونة.
- يتبع ذلك إدخال القطع إلى الفرن وحرقها على درجة 650°م فهرنهيت بحيث انصهرت أجزاء البلاطة الملونة- العليا- على أجزاء البلاطة الشفافة والتصقت بها، وقد تكررت هذه العملية عدة مرات لتغطية العدد المطلوب.

- بعد تمام حرق جميع البلاطات المطلوبة تم تثبيت أجزائها حسب التصميم على لوح من الزجاج النصف شفاف- المثلج- سمك ٦ملم وأبعادها ٦٠× ٩٠سم باستخدام الأيبوكس الشفاف.
- يؤكد هذا العمل على قيمة دوره من حيث الاستخدام في حجب الضوء وتأثيره على الألوان المتنوعة المستخدمة فيه، بالإضافة إلى قيمته الاقتصادية حيث استخدام زجاج ملون من النوع الرخيص المتاح مما يعني خفض التكلفة.

**العمل رقم (٦) زجاج شفاف معالج بالحرارة قبل تثبيته على زجاج شفاف شكل رقم (٦٨)**

١- مساحة هذا العمل ٦٠ × ٩٠سم.

٢- تقوم فكرة تصميم هذه المساحة على تغطيتها ببلاطات مربعة من زجاج شفاف غير ملون ٤ملم سبق معالجتها بالحريق ثم تثبتها باستخدام المواد اللاصقة.

٣- مساحة البلاطة الواحدة ١٠× ١٠سم ثم تقطيعها في أشكال بسيطة ومنحنيات متحكم فيها إلى حد كبير.

٤- ثم حرق هذه البلاطات في درجة حرارة مما أحدث شكلاً جمالياً بمحو حواف الزجاج.

٥- روعي أن تعد هذه البلاطات من لوح زجاجي واحد للتأكد من أية مكونات الزجاج وخواصه واحدة، وبالتالي لا تتعرض هذه البلاطات للكسر أو الشرخ أثناء تبريدها- أو حتى بعد التبريد- إذا ما استعملنا زجاجاً مختلف التركيب والخواص وبالتالي مختلف من حيث معامل تمدده وانكماشه.

٦- نجاح التصميم في هذا العمل يقوم على قيمة ما يحدثه الحريق على حواف الزجاج، حيث يتراوح ما بين الحدة والنعومة وحدوث شرخ في إحدى هذه

البلاطات أو أجزائها نتيجة البريـد الخـاطئ أو اسـتعمال زجـاج مختلـف الخواص- يؤثر بشكل واضح على تجانس التصميم.

٧- قيمة هذا العمل من حيث الاستخدام أنه لا يحجز الضوء أو ملونة لأنه مؤلـف من زجاج شفاف، وإن كان يحدث بعض التغيرات في درجاتـه نتيجـة تعـدد طبقات الزجاج واستخدام زجاج مثلج- رش بالرمل- في زجاج التثبيت.

٨- أن التكلفة النهائية ستكون أقل من تكلفة نفس المساحة إذا ما استعملنا فيها زجاجاً ملوناً.

**العمل رقم (٧) زجاج معالج بالحريق على زجاج شفاف شكل رقم (٦٩)**

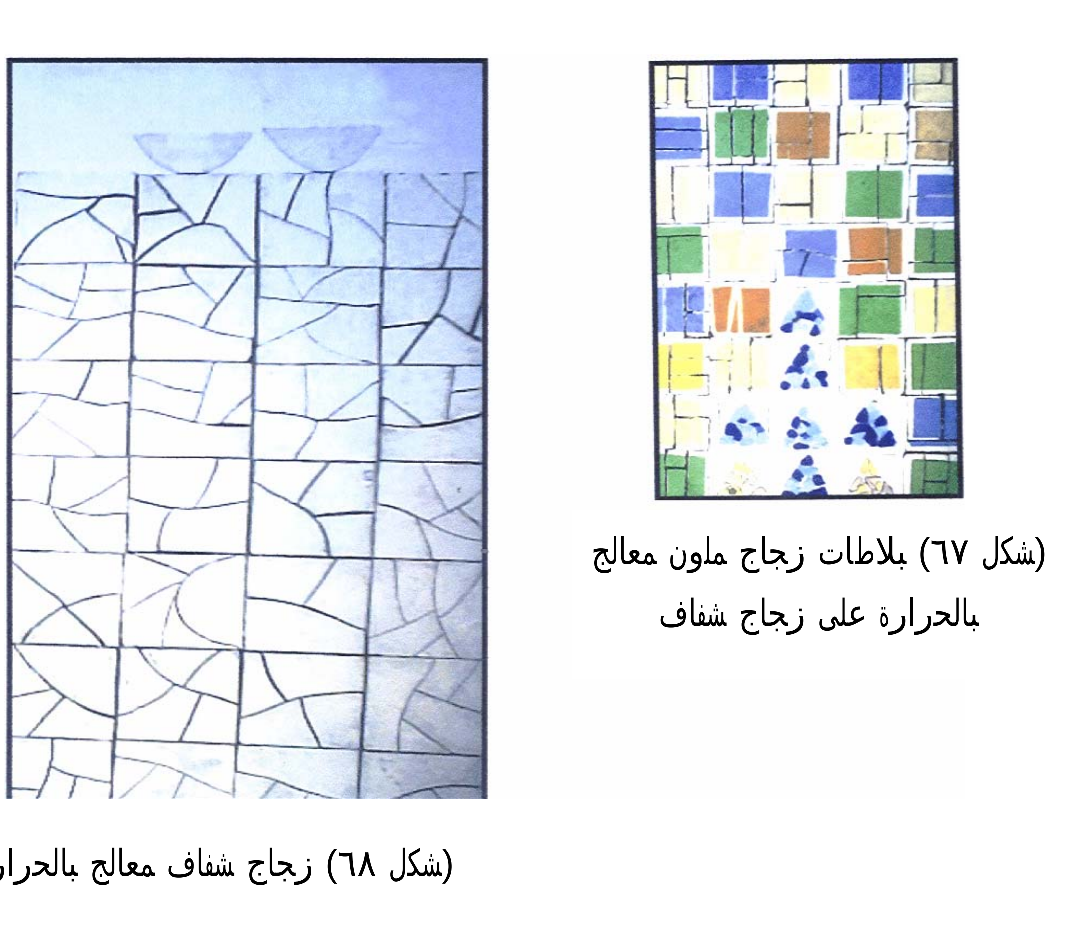
١- يعتمد هذا العمل على استخدام بقايا الزجاج الملون التي ليس لها قيمـة نفعيـة، وذلك للتغلب على مشكلة عدم توفر الزجاج الملون بدرجة فاتحة مـن درجـات اللون البني وسمكه ٢ مليمتر ومصدره زجاجات المشروبات.

٢- تثبيت قطع الزجاج الملون على بلاطات مسطحة شفافة غير ملونة سمكها أربعة ملم وأبعادها ٨ سم × ٨ سم.

٣- ثم تجميع تلك البلاطات بعد حرقها في الفرن عند درجة حرارة ٦٥ درجة مئوية حيث التصقت تلك القطع بالأرضية الشفافة للبلاطات المربعة، والتـي تـأثرت حوافها أيضاً بالحريق مما أدى إلى التفافها ثم تثبت هذه البلاطـات باسـتخدام الإيبوكس الشفاف على سطح من الزجاج النصف شفاف المثلج- سمك ٦ مليمتر وأبعاده ٦٠× ٩٠سم.

٤- نوع التصميم ولون الزجاج المنفذ به وتوزيع تلك القطع الملونة يكسب الـشكل حس المخطوطة، حيث روعي أن تكون القطع المثبتة فـي الـصف الأول ذات أحجام كبيرة نوعياً مما أعطى حس البسملة وتتابع الصفوف حسب الكتابة.

٥- هذا النوع من المعالجة يتيح إمكانية التحكم في قوة الضوء المطلوبة وذلك مـن خلال نوعية التصميم أو درجات اللون المستعملة في التنفيذ.



(شكل ٦٧) بلاطات زجاج ملون معالج بالحرارة على زجاج شفاف

(شكل ٦٨) زجاج شفاف معالج بالحرارة

(شكل ٦٩) زجاج ملون معالج بالحرارة على بلاطات زجاج شفاف.

**العمل رقم (٨) زجاج ملون على زجاج شفاف باستخدام المادة اللاصقة (شكل رقم ٧٠):**

**مراحل التنفيذ التالية:**

١- إعداد تصميم على ورق أبعاده ٦٠× ٩٠سم.

٢- ثم تثبيته على مائدة التنفيذ وثم وضع لوح زجاج شفاف غير ملون سمك (٦مللم) بنفس أبعاد التصميم.

٣- ثم قطع الزجاج وفقاً للتصميم حيث ثبتت كل قطعة في موضعها من التصميم بالمادة اللاصقة.

٤- بعد الانتهاء من التثبيت ثم ملء ما بينها من فراغات بمعجون تركيبه كالآتي:

أ- مقدار واحد أسمنت +٢ مقدار بودرة رخام+ قدر كافي من أكسيد اللون الأسود لتلوين الخليط.

ب- يقلب الخليط جيداً ثم يضاف إليه القدر الضروري جداً من الماء المضاف إليه الغراء الأبيض- ثم يقلب جيداً حتى يصبح معجوناً متماسكاً.

جـ- نظراً لأن الزجاج سطح غير مسامي فقد روعي في الاعتبار أن أي قدر زائد من الماء في المعجون أثناء استعماله سيتسرب تحت قطع الزجاج الملون مختلطاً باللون الأسود مما سينتج تشويهاً مؤكداً للشكل.

٥- ثم تنظيف السطح بعد المعجون مع إجراء التلميع ويترك ليجف ثم تثبيته في الإطار.

٦- يبدو العمل في أثره النهائي كالفسيفساء الملونة الشفافة.

٧- دور المعجون في هذه الطريقة التنفيذية هي دور جمالي أكثر منه دور عملي فتحديد كل قطعة من الزجاج بلون المعجون الأسود يؤكد قيمتها اللونية فضلاً عن كون الشبكة السوداء (الناتجة عن استعمال المعجون) توفر للعمل ترابطاً هاماً من الناحية التشكيلية، وأخيراً فإن الأثر الذي تحدثه الخطوط السوداء

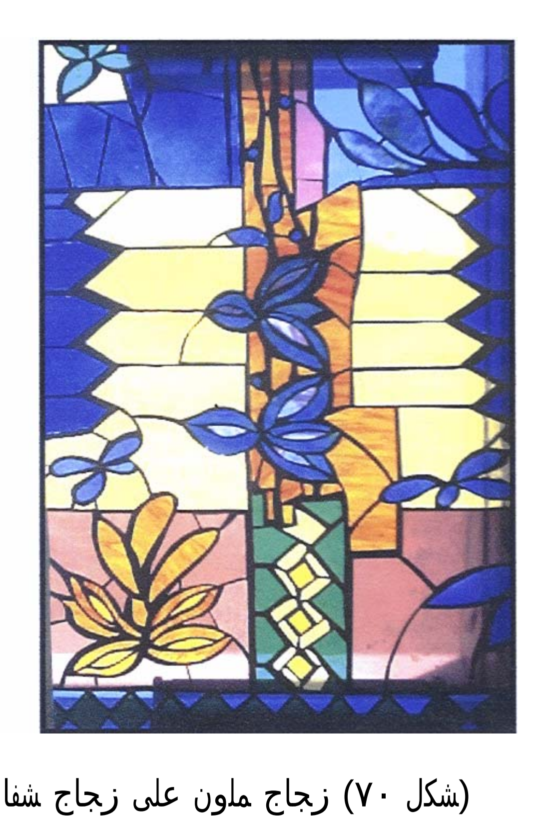
المحيطة بالشكل مختلف في طبيعته عن خطوط الرصاص أو الجبس في طرق التنفيذ التقليدية نظراً لعدم انتظامها في السمك.

**العمل رقم (٩) زجاج ملون معالج بالحريق على بلاطات شفافة شكل رقم (٧١):**

- اعتمد هذا العمل على استخدام كسر زجاج شفاف ناتج عن زجاج الـسيارات بسمك ٤ مليمتر وسمك ١سم.
- ثم تثبيت الزجاج الشفاف على سطح شفاف غير ملون سمكه ٤مليمتر وأبعاد كل قطعة ٨سم × ٨ سم.
- ثم حرق تلك البلاطات في الفرن عند درجة ٦٥درجة مئوية، وهـي درجـة كافية لانصهار القطع والتصاقها بالأرضية المربعة والتفات حوافهـا نتيجـة الانصهار.
- ثم تجميع التصميم المكون من تلك البلاطات المربعة بعد حرقهـا وتطبيقهـا على سطح زجـاج نصـف شفاف- مثلج- أبعادها ٦٠سم × ٩٠سم وسمكه ٦مليمتر باستخدام لاصق الأبيوكس ويزن.
- تعتمد فكرة العمل على الحس البارز لقطع الزجاج وتباين لون الزجـاج فـي الحواف عند استخدام الزجاج الشفاف، كما أن الزجاج المنفذ به يؤثر بدرجـة محدودة على شدة الضوء الذي ينفذ منه إلى الداخل، كما تتيح هذه المعالجـة إمكانية التحكم في قوة الضوء المطلوبة من خلال نوع التـصميم ودرجـات اللون المستعملة.

(شكل ٦٩) قطع زجاج شفاف معالج بالحرارة على

زجاج شفاف.





(شكل ٧٠) زجاج ملون على زجاج شفاف مع استخدام المعجون للفواصل بين الزجاج

(شكل ٧١) قطع زجاج شفاف معالج بالحرارة على زجاج شفاف.

# الفصـــل الخامس

# خلاصة النتائج والتوصيـات

أولاً: النتـــــائج.

ثانياً: التوصيــات.

**أولاً: النتـــائـــج:**

١- تعد النوافذ الجصية ذات الزجاج الملون من أهم ما ترك الفنان المسلم من حيث روعة الضوء والظل والنور والظلام، وعلاقته بالمبنى المنشأ في داخله هذه الخاصة التي تعتبر من أرخص الخامات المتوفرة وخاصة في المملكة، نظراً لسهولة تشكيلها ومقاومتها للحرارة وعزلها للمكان عن المحيط الخارجي.

٢- تنوعت العصور على تلك النوافذ الجصية فكلما تقدم بها الزمن زاد الفنان في جودتها ودقتها وروعة أشكالها حتى وقتنا الحاضر.

٣- مع ظروف القرن العشرين وما بعده أراد الفنان أن ويحدث من تقنياته وأدائه فبدأ في اختيار مواد كثيرة من أجل تأكيد العمل، وتحسين قدرته على مقاومة عوامل المناخ والعوامل الطبيعية.

٤- ارتبط فن الزجاج المعشق في الشرق والغرب بالقيمة الاستخدامية، حيث يشتركان في ملئ الفتحات المعمارية الثابتة والمتحركة في العمارة الداخلية والخارجية على اختلاف مبانيها وطرزها.

٥- انعكست المؤثرات البيئية والمناخية والعقائدية على الفكر التصميمي والإبداعي والوظيفي الذي تبعه كل من الأسلوبين الشرقي والغربي على حد سواء، حيث استطاع الفنان في الغرب والشرق تكييف وتطويع خامة الزجاج لتلائم موضوعاته وما يريد أن يضيفه على العمارة، سواء أكان ذلك العمل فتحة معمارية أو وحدة إضاءة.

**ارتبط العمل في الزجاج الملون بالجانب الحرفي ويرجع ذلك لعدة أسباب منها:**

أ- يتطلب في تنفيذه ولاسيما الزجاج المؤلف بالرصاص- العديد من المراحل التي تقتضي مهارات تنفيذية خاصة.

ب- أن نشأة فن الزجاج الملون وازدهاره في أوروبا في العصور الوسطى، أي في مراحل تاريخية لم تكن قد ظهرت فيها التفرقة ما بين المصمم والمنفذ بعد سواء في مجال الزجاج أو غيره من أشكال الفن بل هو فنان صانع يقوم بالمهمتين معاً في آن واحد.

جـ- أن تاريخ الزجاج المؤلف بالجبس الذي عرفته الحضارة الإسلامية يؤكد كونه حرفة قاصرة على تنفيذ تعليمات تقليدية ليست من وضع فنان بعينه، إنما نتاج فكر ساد الفنون الإسلامية جميعاً أدخل عليها بعض التغيير أو التحوير أو التطوير ولكن في نطاق المفهوم الزخرفي القائم على وحدات هندسية أو بنائية.

د- تأكد ارتباط الزجاج الملون بالجانب الحرفي منه بشكل واضح منذ عصر النهضة وما أتى به من فكر جديد فرق بين المصمم والمنفذ، وأصبح الفنان المصور يتولى مهمة التصميم ويترك التنفيذ للعاملين في مجال الزجاج بما لهم من خبرة ودراية واستعداد للتنفيذ.

هـ- أن القلة القليلة المتبقية من الحرفيين الذين يعملون في الزجاج المؤلف بالجص تقتصر خبرتهم على العمل بهذه الخامات وفي حدود التصميمات التقليدية الموروثة.

- إمكانية الاستفادة من التراث الشعبي وتوظيف عناصره بطريقة تلائم متطلبات العصر الحديث في صياغات تصميمية تتوافق مع تلك المتطلبات.

**ثانياً: التوصيـــات:**

- ضرورة الحفاظ على التراث الشعبي بمناطق المملكة من الفناء والاندثار بتوثيقه وحفظه، عن طريق الأبحاث المتخصصة في هذا المجال والاستفادة منها.
- الاستفادة من الخامات البيئية في الزجاج المعشق وكذلك تطويع الخامات الحديثة بما يخدم أعمال الزجاج في العمارة المحلية المعاصرة.
- إيجاد سمة مميزة للتصميمات المستقاة من التراث الشعبي في أعمال الزجاج يميزه عن غيره من الأعمال الغربية وبما يتفق مع سمات العمارة العربية والظروف الطبيعية والمناخية.
- استحداث وسيلة لتأليف الزجاج بالجبس بشكل مغاير للوسيلة التقليدية في التفريغ بعمل قوالب من مادة سهلة التشكيل (الاستيروفوم).
- استعمال المواد اللاصقة- اللدائن الصناعية- في التشكيل بالزجاج مما يكسب العمل حيوية ودقة في التنفيذ، لما لتلك المواد من قدرة على تحمل درجات الحرارة، كما أن معامل التمدد والانكماش المرن لها يمنع تكسير الزجاج.
- الاستخدام الخارجي للزجاج حيث يواجه العوامل الجوية المختلفة يقتضي التنفيذ بخامات تتحمل هذه العوامل وذلك بتأليف الزجاج بالأسمنت.
- نظراً لارتباط الزجاج بالفتحات المعمارية باعتبارها المكان الطبيعي مما يؤكد أهمية الجمع بين الجانب الجمالي والجانب الوظيفي للزجاج الذي يسمح بمرور الضوء كاملاً إلى الداخل.
- ضرورة قيام باحثين آخرين تتناول موضوعات هامة في الزجاج مثل معالجة الأسطح الزجاجية بالحفر سواء بالأحماض أو الإمكانات الحديثة من استخدام أشعة الليزر.
- تدريس أعمال الزجاج المعشق في مدارس التربية الفكرية وخاصة لأصحاب الإعاقة السمعية والصم والبكم- لما تتميز به تلك الفئة من مهارات وقدرات تؤهلها للإبداع في هذا المجال.

# المراجـــع

**أولاً: المراجع العربية.**


١- القرآن الكريم.

٢- إبراهيم، رشا عبد المنعم أحمد (١٩٩٩م): تطور تقنيات الزجاج المعشق فـي تصوير الشكل الإنساني، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان.

٣- أحمد، غريب السيد (١٩٨٤م): تـصميم وتنفيـذ البحـث الاجتمـاعي- دار المعارف الجامعية- الإسكندرية.

٤- أنيس، إبراهيم (١٩٧٢م): المعجم الوسيط، دار المعارف بمصر.

٥- الباشا، حسن: موسوعة العمارة ، الدار العربية للكتاب ١٤٢٠هـ.

٦- بدوي، أحمد زكي (١٩٩١م): معجم مصطلحات الدراسات الإنسانية والفنـون الجميلة والتشكيلية، در الكتاب المصري، القاهرة.

٧- برنارد مايرز، الفنون التشكيلية وكيف نتزوقها، ترجمة سعد المنصوري وسعد القاضي، مراجعة سعيد محمد خطاب، دار النهضة العربية، القاهرة.

٨- جارورة طارق لطفي (١٩٩٩م): التحديث في فن الزجاج المعـشق وتطبيـق بعض تقنياته في مبنى مركز القاهرة للمؤتمرات- رسـالة ماجـستير غيـر منشورة، كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان.

٩- زينهم، محمد (١٩٩٥م): تكنولوجيا فن الزجاج، القاهرة، الهيئـة المـصرية العامة للكتاب.

١٠- سالم، محمد أحمد حسن (١٩٨٢م): التصوير الجداري ودوره فـي المجتمـع المصري المعاصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون الجميلة، جامعة الإسكندرية.

١١- سعيد، مصطفى عبد الرحيم (١٩٨٤م): تأثير اللون في المسطح الزجاجي الناتج عن طريق الإزالة والإضافة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان.

١٢- سكوت، روبرت جيلام (١٩٨٠م): أسس التصميم- ترجمة د. عبد الباقي محمد إبراهيم، مراجعة عبد العزيز محمد فهيم- دار النهضة مصر للطباعة والنشر، القاهرة، الطبعة الثانية.

١٣- سليمان، جبريل (١٩٩٨م): البدو والبادية، دار العلم للملايين.

١٤- سميتيز، ك (١٤١٩هـ(: أسس التصميم في العمارة، ترجمة د. محمد عبدالرحمن الحصين مراجعة د. محمد عبد المجيد متصل، جامعة الملك سعود.

١٥- سويلم، عادل محمد (١٩٩٤م): اللدائن ، ماهيتها، أنواعها، طرق تصنيعها، تشغيلها الكيمائي، دار الكتاب العلمية .

١٦- عبد الغفار، هوايد أحمد عبد الحميد (١٩٩٩م): النوافذ الجصية المؤلفة بالزجاج الملون وعلاقتها بالعمارة الإسلامية، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان.

١٧- علام، نعمت إسماعيل (١٩٧٦م): فنون الغرب في العصور الوسطى والنهضة والباروك، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.

١٨- علام، نعمت إسماعيل (١٩٨٣): فنون الغرب في العصور الحديثة، دار المعارف، الطبعة الثانية، القاهرة.

١٩- الغامدي، فهد علي سعيد خليف (٢٠٠٣م): الاستفادة من التراث البيئي بمنطقة الباحة في التصميم الداخلي للمسكن المعاصر، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم التربية الفنية، كلية التربية، جامعة أم القرى.

٢٠- فخري، ماك أسعد (١٩٩٢م): إمكانية استخدام المينا في التصوير الجداري، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان.

٢١- الفضل، محسن محمد زكي (١٩٩٤م): الفتحات المعمارية الإسلامية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان.

٢٢- كوهين، لويس وآخر (١٩٩٠م): مناهج البحث في العلوم الاجتماعية والتربوية، ترجمة إخلاص كوجك، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.

٢٣- لوكس- الفريد (١٩٩٢م): المواد والصناعات عند قدماء المصريين. دار نهضة مصر.

٢٤- مؤنس، حسين: المساجد، عالم المعرفة، الكويت، العدد الأول يناير ١٩٨٠م.

٢٥- المفتي، أحمد: فنون الزخرفة على الزجاج والمعادن والتحوية بالمينا، دار الشروق ١٩٩٩م.

٢٦- المهدي، عنايات (١٩٩٥م): فن صناعة الزجاج الملون والمعشق، مكتبة ابن سينا.

٢٧- المهدي، عنايات (ب.ت): فن الإبداع بالزجاج الملون، مكتبة ابن سينا.

٢٨- النحاس، رؤوف (١٩٦٨م): صناعة الزجاج ، دار النهضة العربية.

٢٩- النحاس، رؤوف (١٩٧٠م): تكنولوجيا الأجهزة الزجاجية، دار النهضة العربية.

٣٠- نداء، إيمان محمد عبد الفتاح (١٩٩٧م): استخدامات الزجاج في الفراغات المعمارية في أوروبا والمشرق العربي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الفنون الجميلة- جامعة حلوان.

## ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Patrick Reyntiens : The Technique of Stained Glass- Watson Guptill publications- New York- 1977.

2- Jennie French: Glass – Works- the Copperfoil Technique of stand glass- Studio Vista – New York- 1974.

3- Vincent O'Brien: Techniques of Stand Glass- Van Nostrant Reinhold Company – New York- 1982.

4- W.R.C. Shedenhelm : Stained glass- TAB Books Inc- usa- 1987.

5- Alastair Duncan: Leaded Glass- Ahand book of Lechniques Watson – Guptill publications new York – 1975.

6- Liddall Armitage- stained Glass, London Hill Books Limeted- London 1959.

7- Albinas Elskus- The artof Pointing on glass- Charles Scribner's sons- New york 1980.

8- WWW.Glass 4 u. com.

# الملاحق

**أولاً: مجموعة من الزخارف المحفورة على المكملات الخشبية التراثية وتتكون من:**

١- الشرائط الزخرفية.

٢- الوحدات الزخرفية المربعة.

**ثانياً: نماذج لأعمال من الزجاج المعشق باللدائن الصناعية والأسمنت والزجاج المرسوم.**

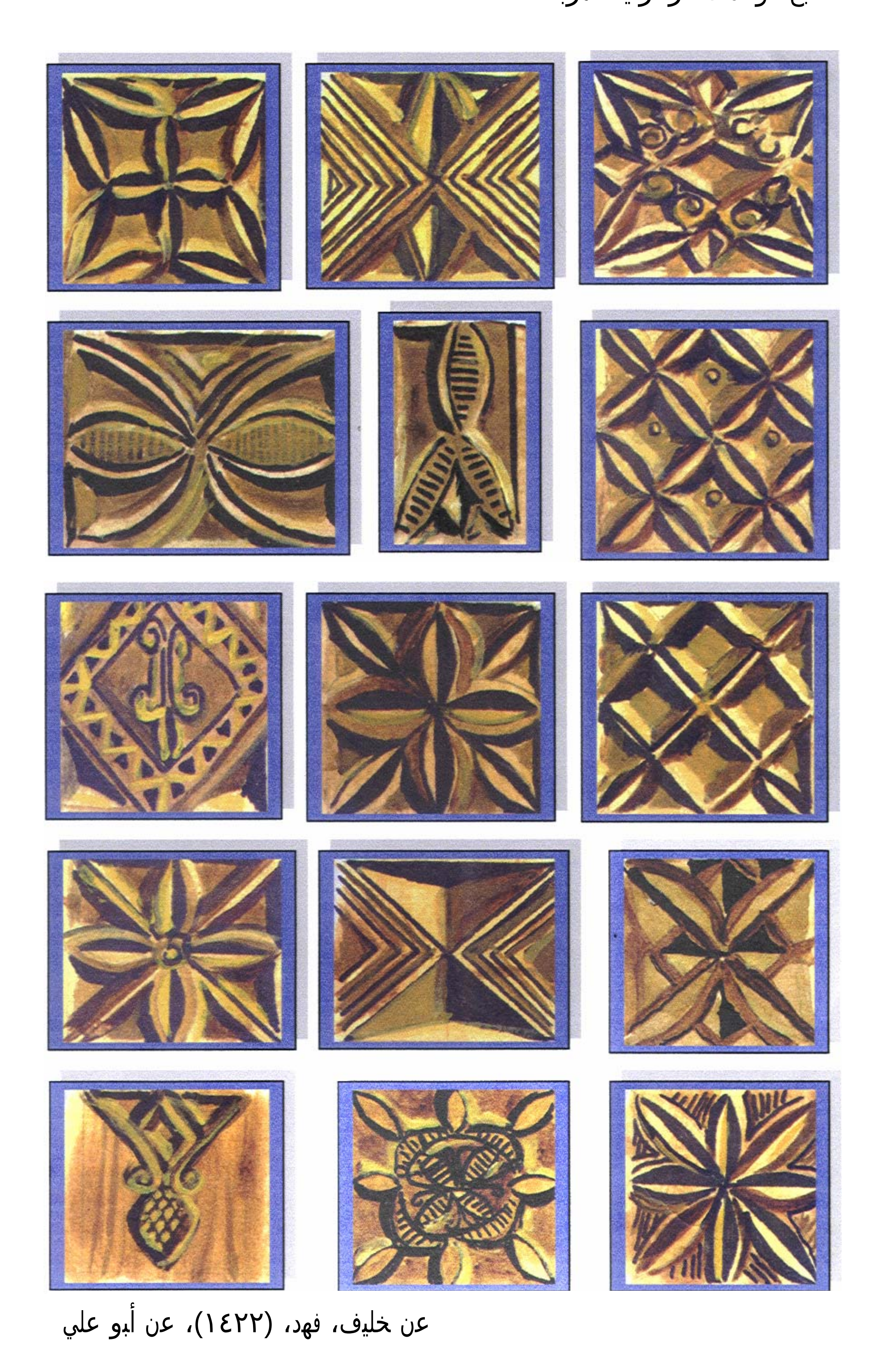
**ثالثاً: المراحل التنفيذية لأعمال الباحث.**

أولاً: مجموعة من الزخارف المحفورة على المكملات الخشبية التراثية بمنطقة الباحة وتظهر في مجملها ذات طابع هندسي بالإضافة إلى بعض الوحدات التي تعتمد في تكوينها على خطوط وعناصر نباتية.

١- الشرائط الزخرفية:

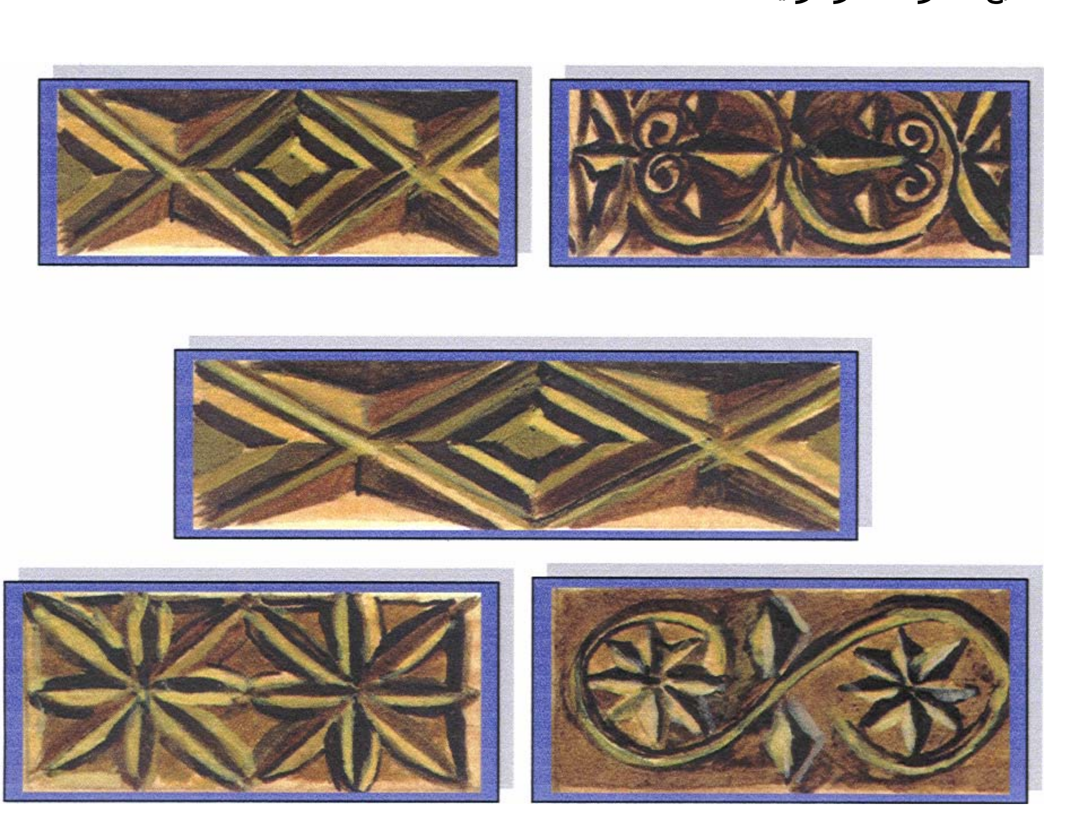


تابع الوحدات الزخرفية المربعة:



عن خليف، فهد، (١٤٢٢)، عن أبو علي

تابع الشرائط الزخرفية:



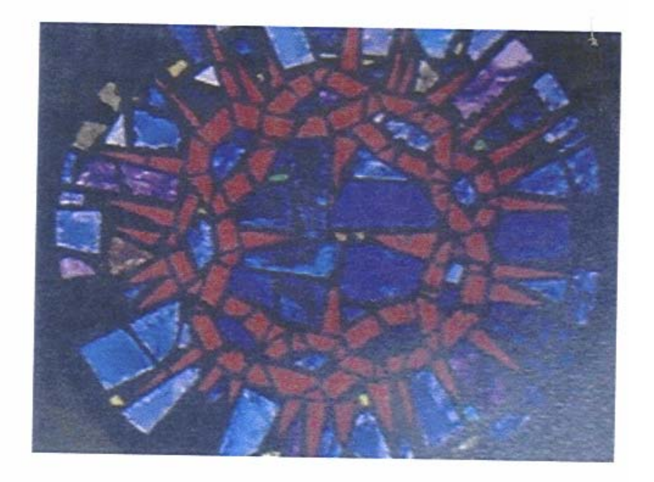
**٢- الوحدات الزخرفية المربعة:**



**ثانياً: نماذج لأعمال الزجـاج المؤلـف بالجص والأسمنت والزجاج المرسوم.**



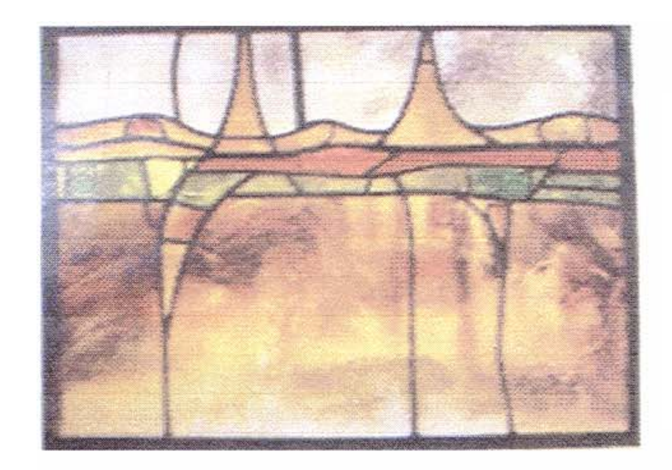
جزء تفصيلي من الزجاج ذو الجانبين يظهر فيه الاعتاءات الداخلية وكذلك الأشكال الدائرية.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢)- ص٦٩



نافذة دائرية مـن نـوع الزجـاج ذو الجوانب تظهر هنـا كيفيـة اسـتخدام الضوء المتكسر في تجنـب الـسغور بالتماثل والموجودة عادة في الأشـكال الدائرية. عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٨



جزء تفصيلي مـن لـوح زجـاج ذو الجوانب يظهر فيه تقنية تعشيق وصل الزجاج الذي قطع بمنشار الخـرائط.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٨



منظر طبيعي في كولورادو عمل من الزجاج المؤلف بالرصاص استخدم فيه الزجاج القديم مع تدخلات من الزجاج ذو الجوانـب.عـن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٥



نافذة إحدى الكنائس من نوع الزجـاج ذو الجوانب تصور لنا ارمز المسيحي المبكـر للحيـاة والقطـع الحمـراء والبرتقالية والـصفراء فـي الفراشـة عشقت وتدخلت في بعضها لبعض.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٧

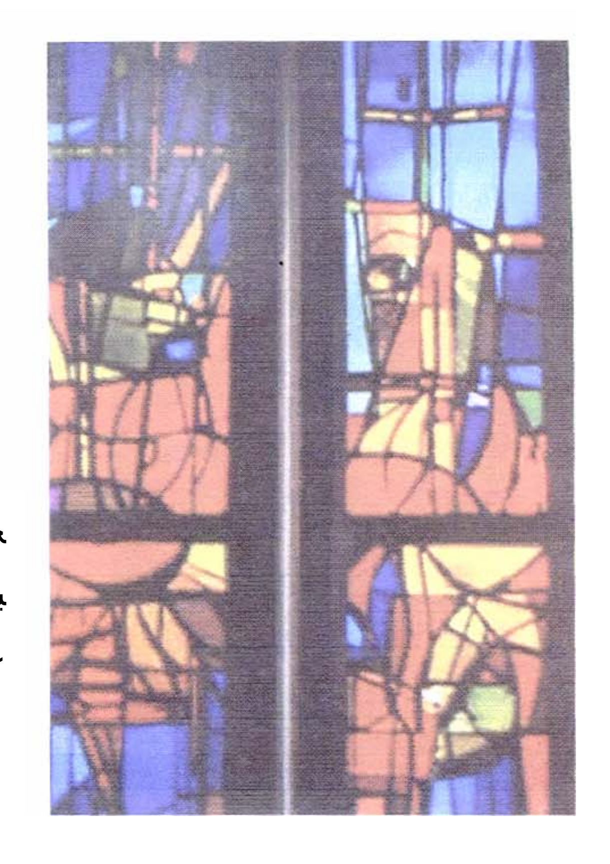


جزء من تحت ملحـوم يظهـر فيـه تداخلات من الزجاج المصبوغ.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٨

فاصل من الزجاج المدمج فـي مبنـى تجـاري فـي كولـورادو سـبرنج-كولورادو.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٥



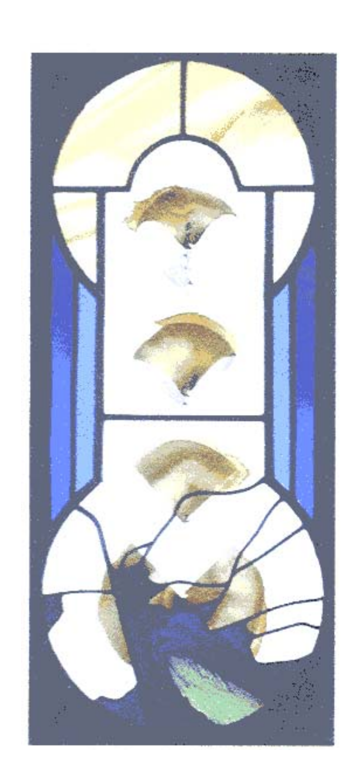
عندما كان تضخيم هذا الزجاج في مرحلة الكـارتون أبيض وأسود كان النموذج قوياً ومتصلباً وبعد التنفيـذ نجد أن الخط قد ظهر وذلك بـسبب التغيـرات التـي أحدثتها الألوان المقابلة واستخدام كل قيمة المساحة في التصميم. عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٥



جانب من الزجاج المـدمج مقـاس ١/٤ بوصة.
عن فينسنت أوبرين (١٩٨٢) ص٦٧

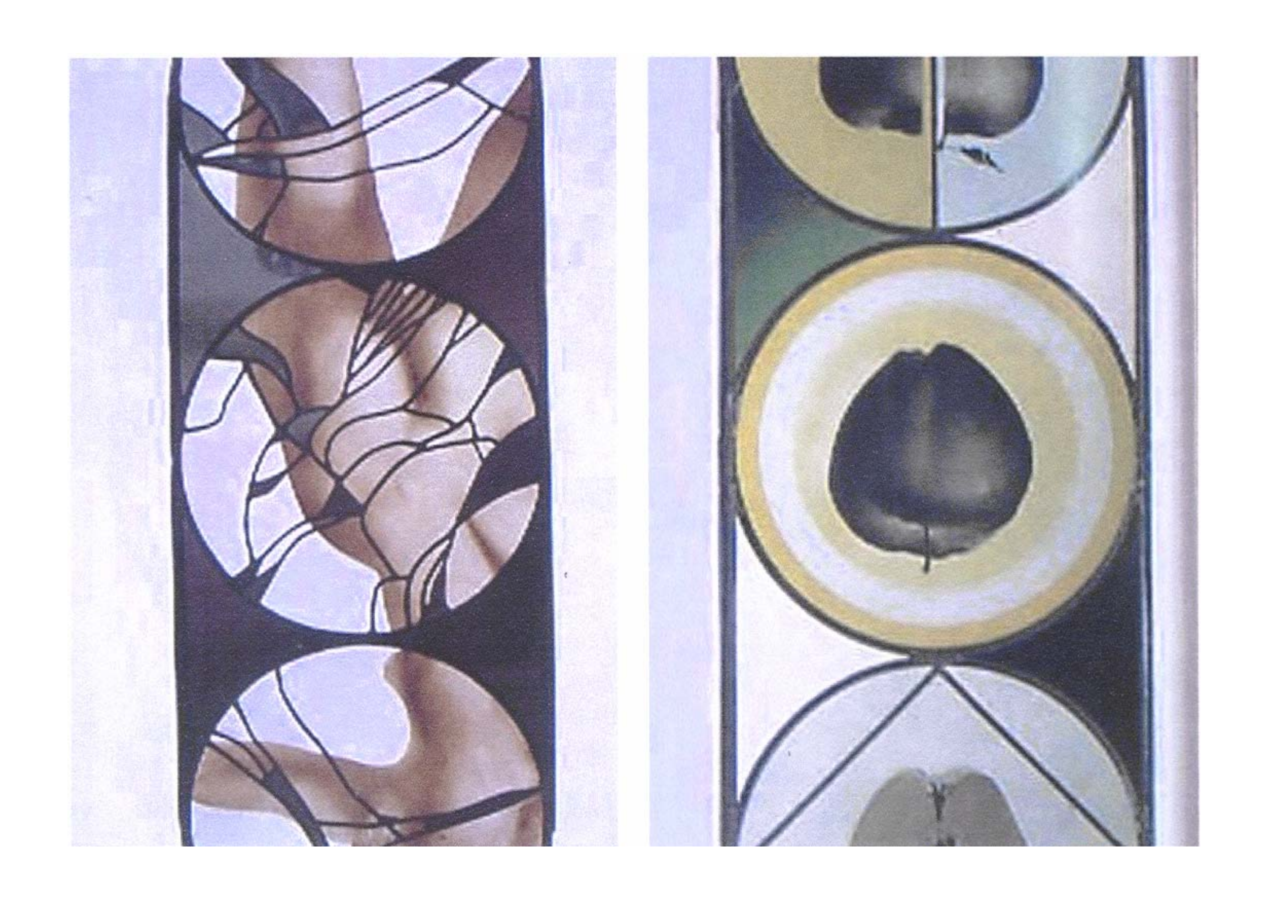



أعمال مارك شيجال في الرسم على الزجاج من خلال اللون الواحد ودرجاته




أعمال رسم مباشر على الزجاج

عن(www.glass 4u. com)



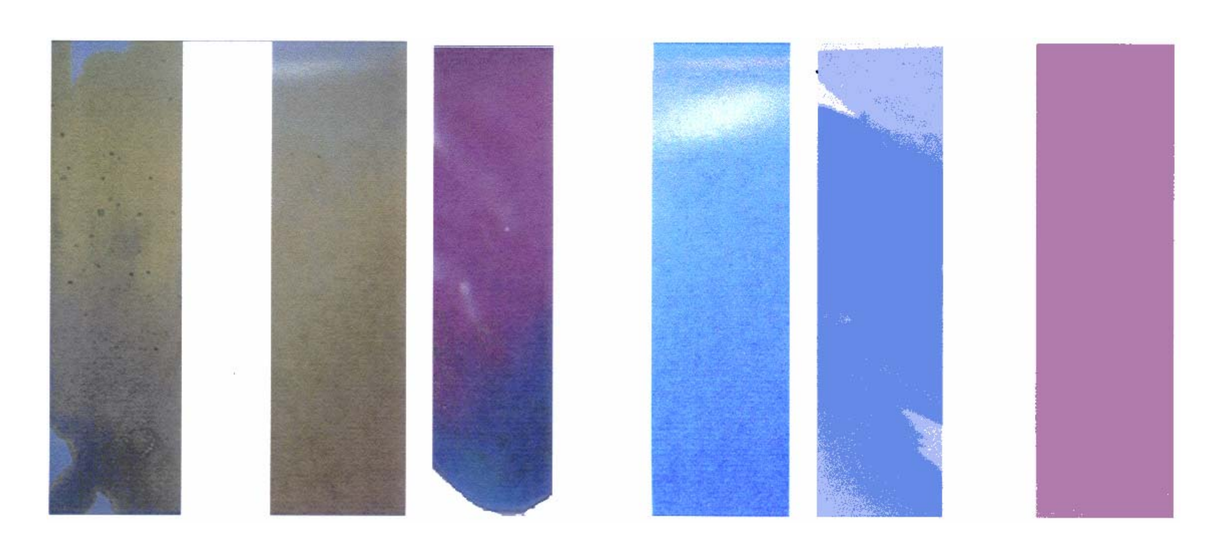
التصوير المباشر في الرسم على الزجاج

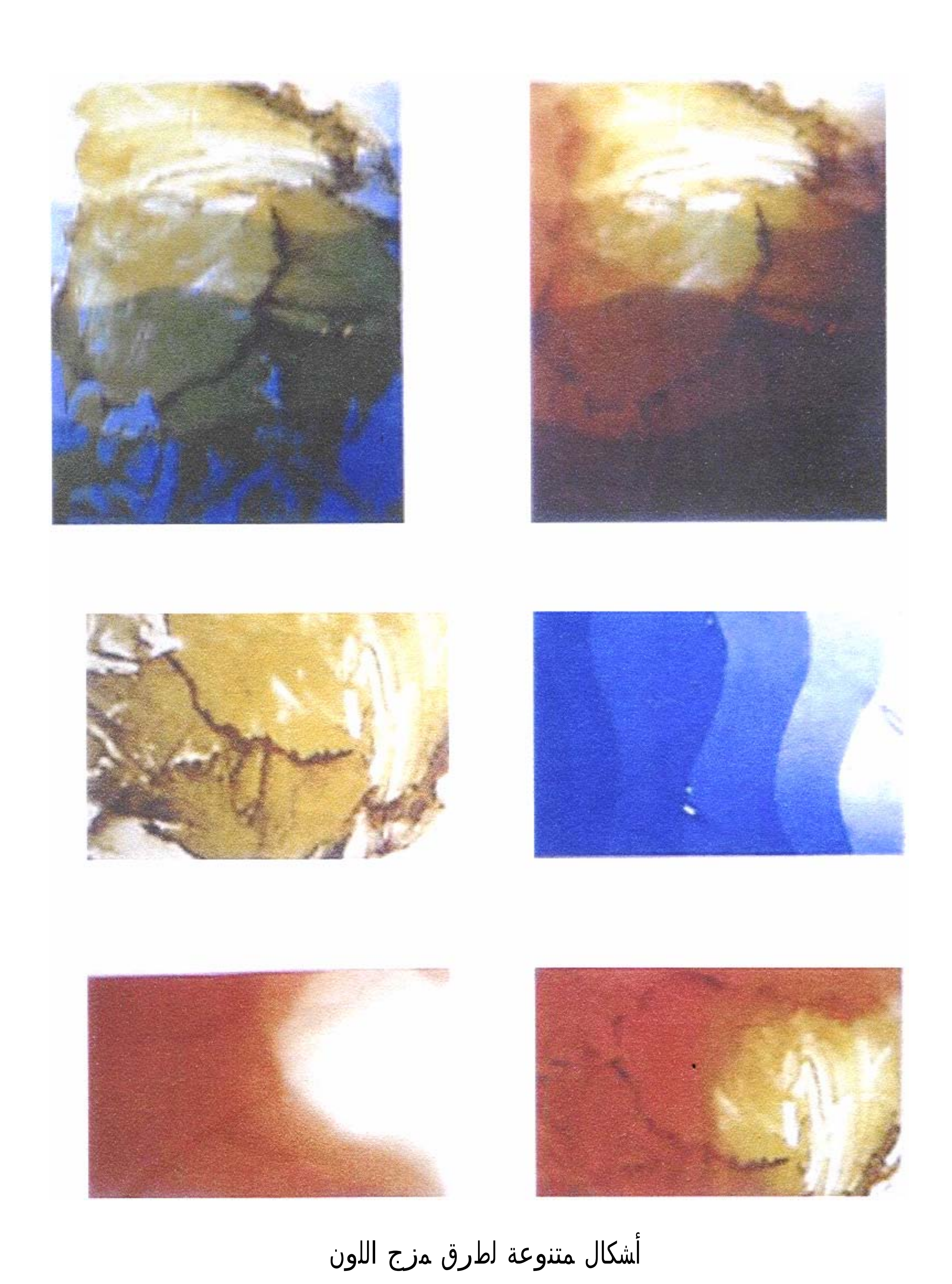
التحوير الخطي في الرسم على الزجاج



زهرة منفذة بطريقة الرسم المباشر على الزجاج

أشكال تدرج اللون في الرسم على الزجاج





أشكال متنوعة لطرق مزج اللون
الرسم على الزجاج

## ثالثاً: المراحل التنفيذة لتطبيقات الباحث

(١) مراحل تنفيذ العمل رقم (١) شكل (٦٣)

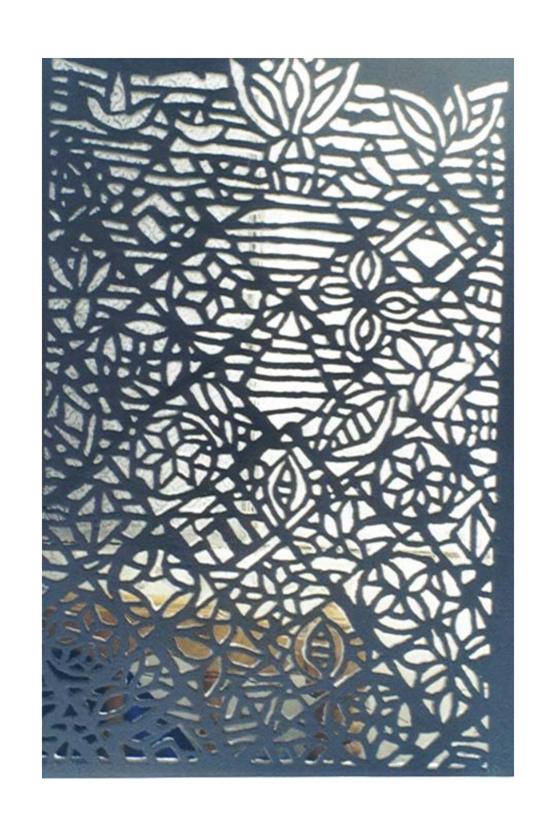


(أ) إعداد الجبس

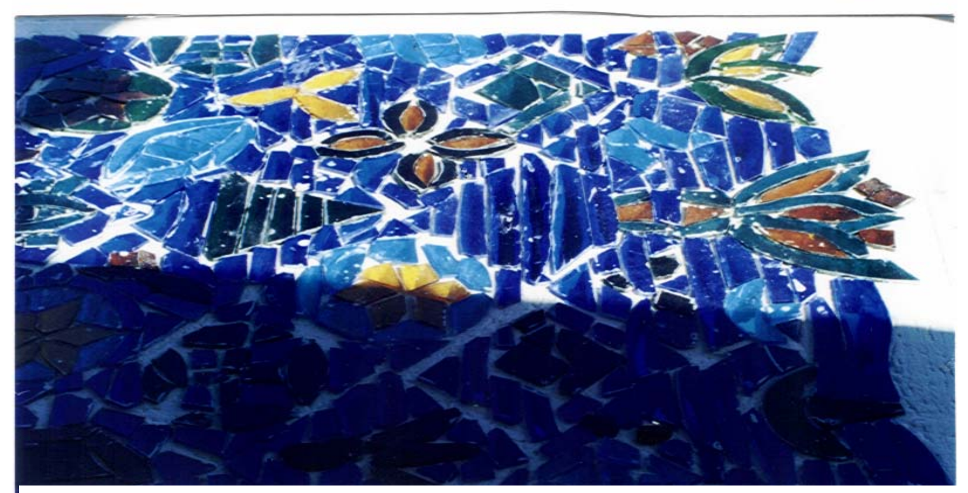




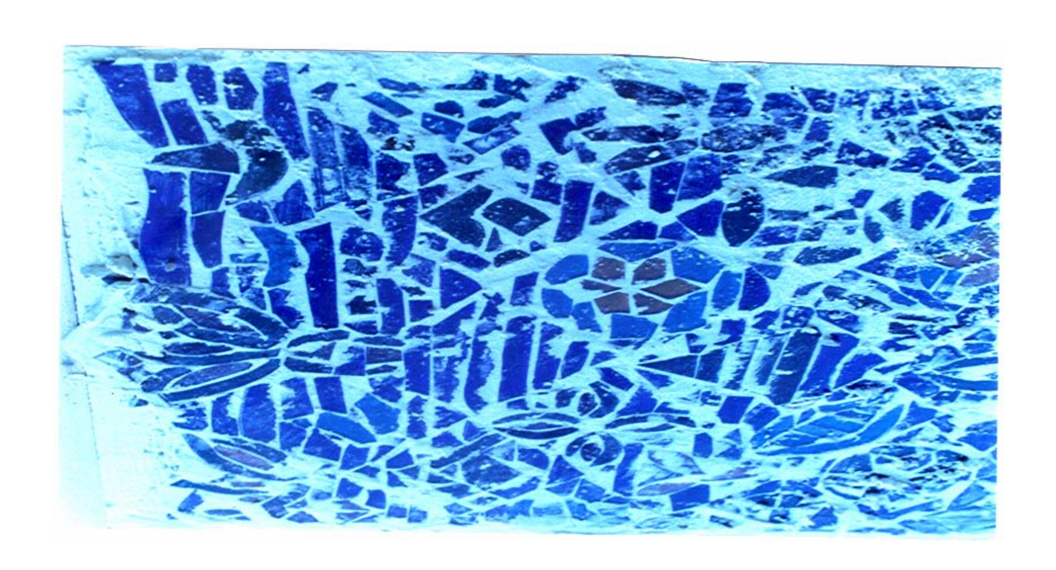
تابع إعداد الجبس بتفريغ وحدات التصميم



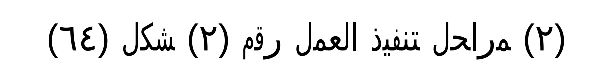




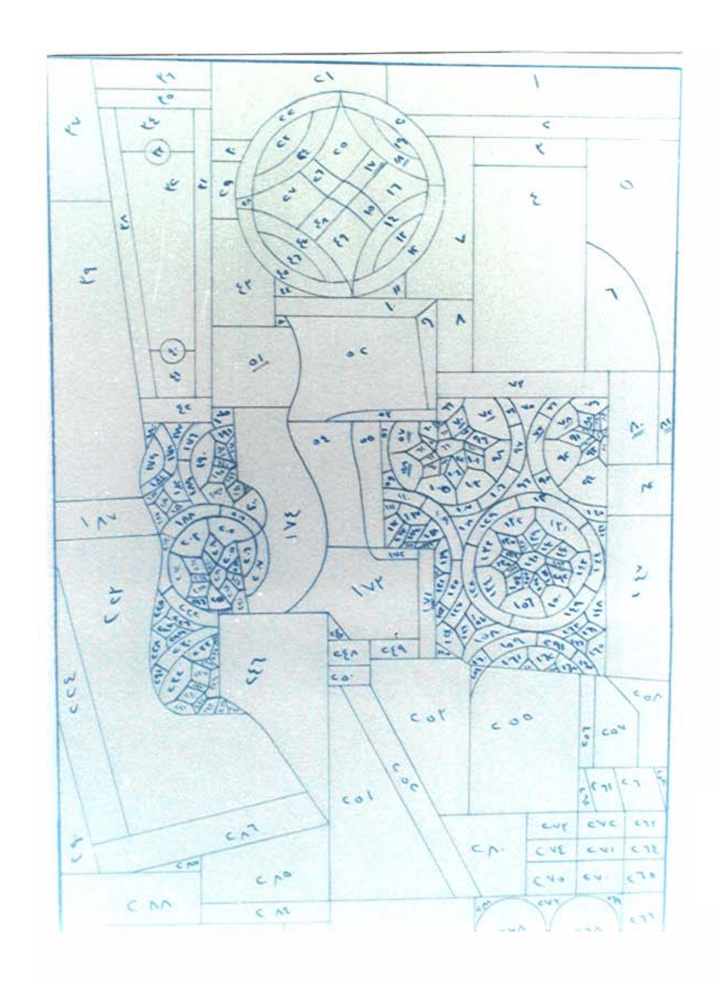
لصق الزجاج الملون على فراغات الجبس



وضع الجبس بعد لصق الزجاج لتثبيته



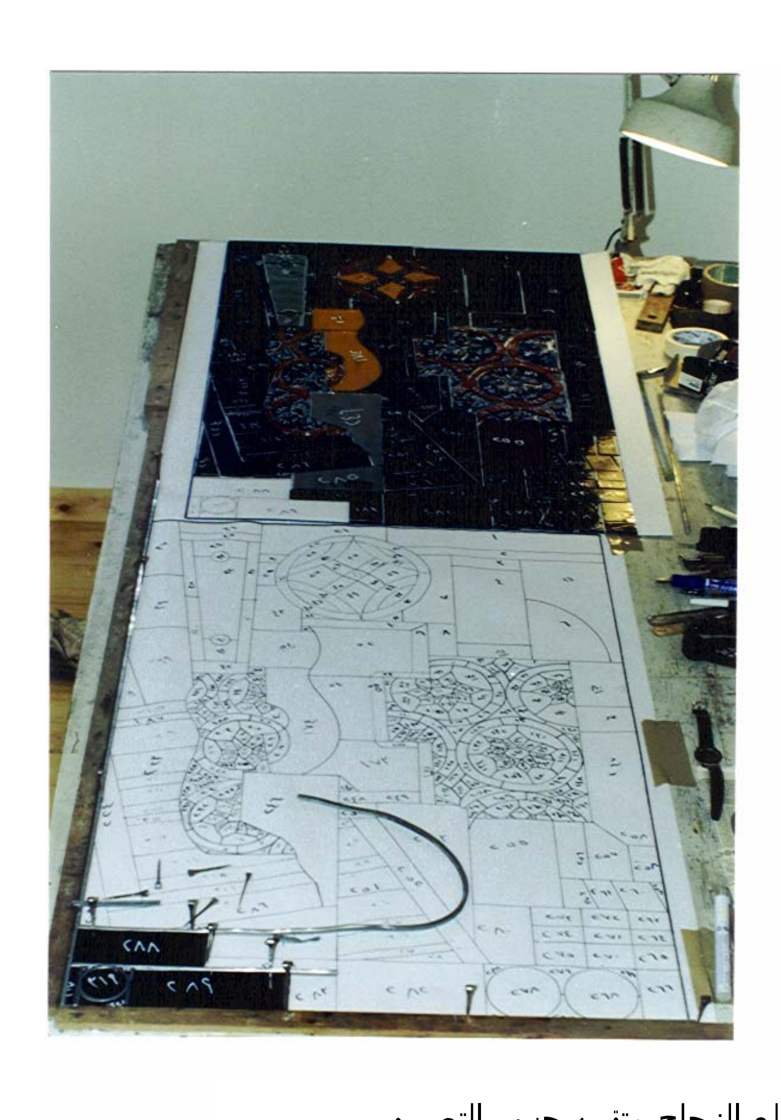
(٢) مراحل تنفيذ العمل رقم (٢) شكل (٦٤)



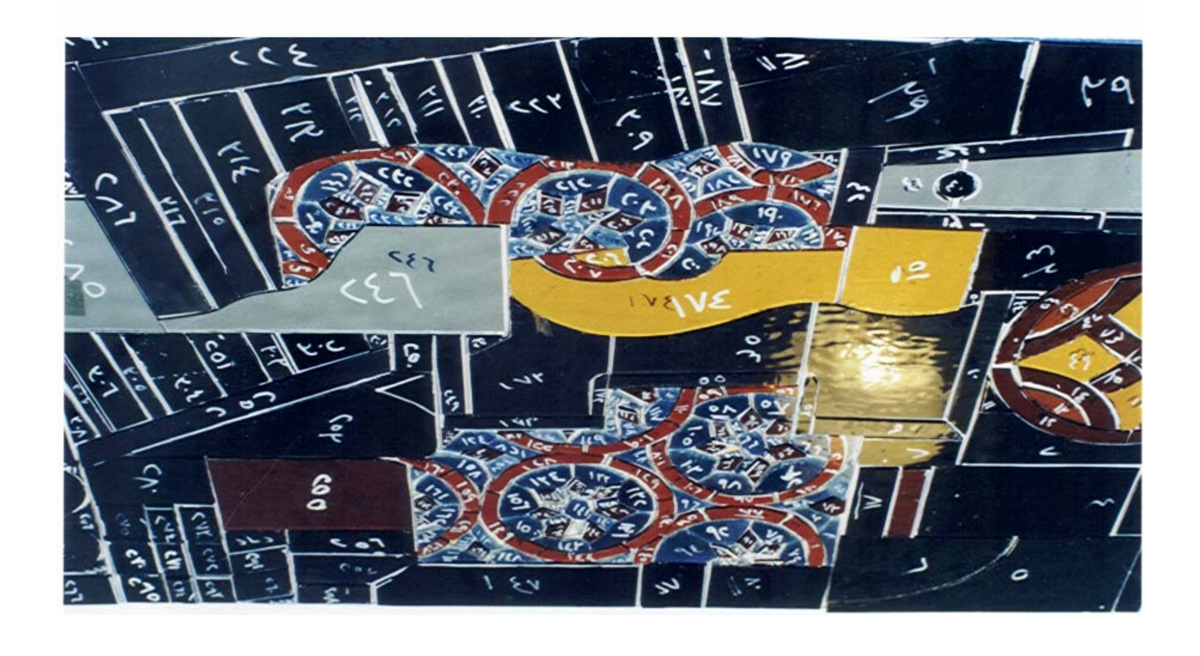
(أ) الرسم التنفيذي



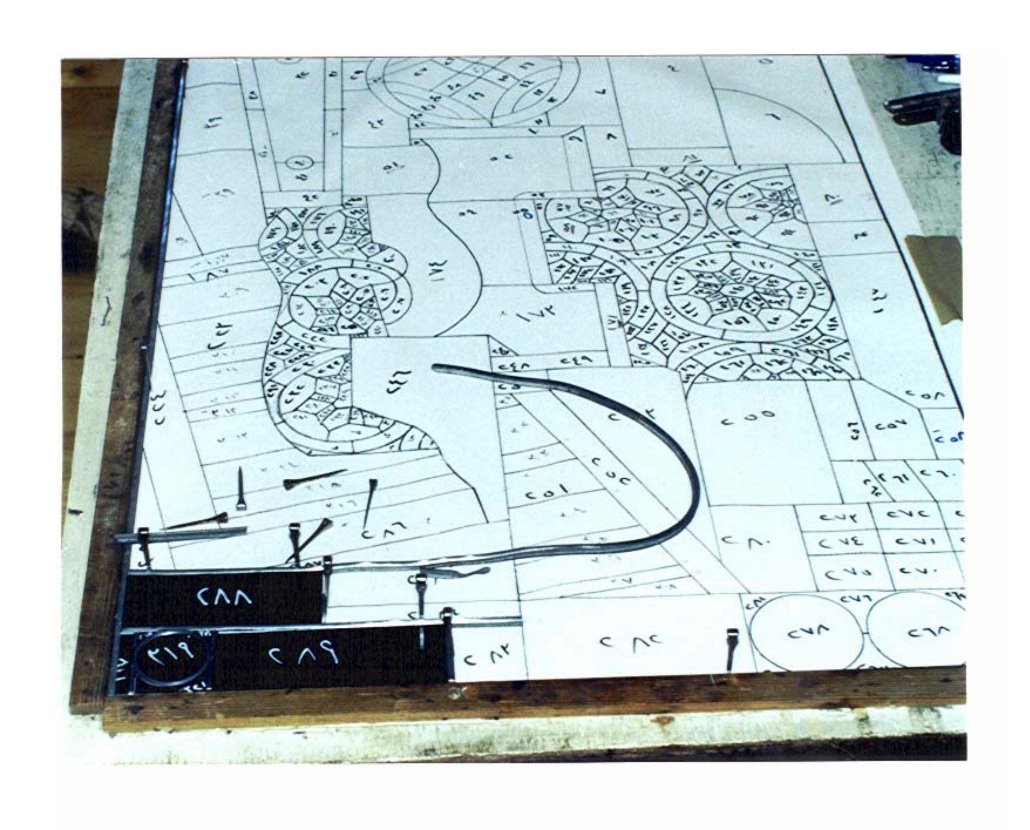
(ب) مراحل قطع وترقيم قطع الزجاج على التصميم

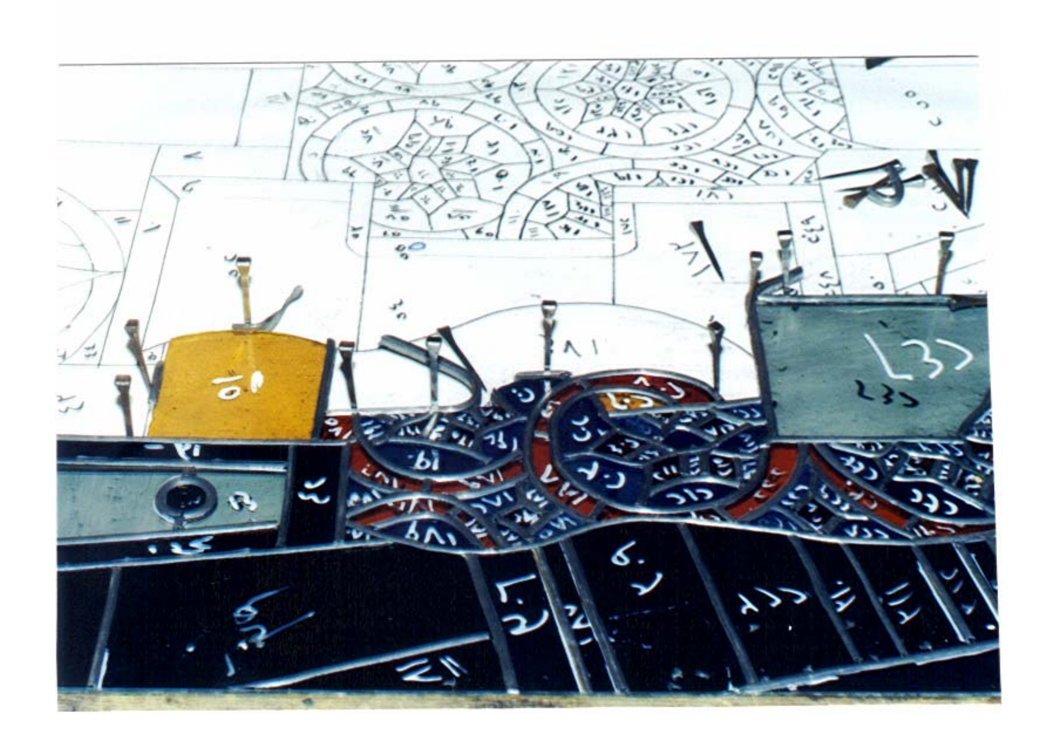


تابع مراحل قطع الزجاج وتقيمه حسب التصميم

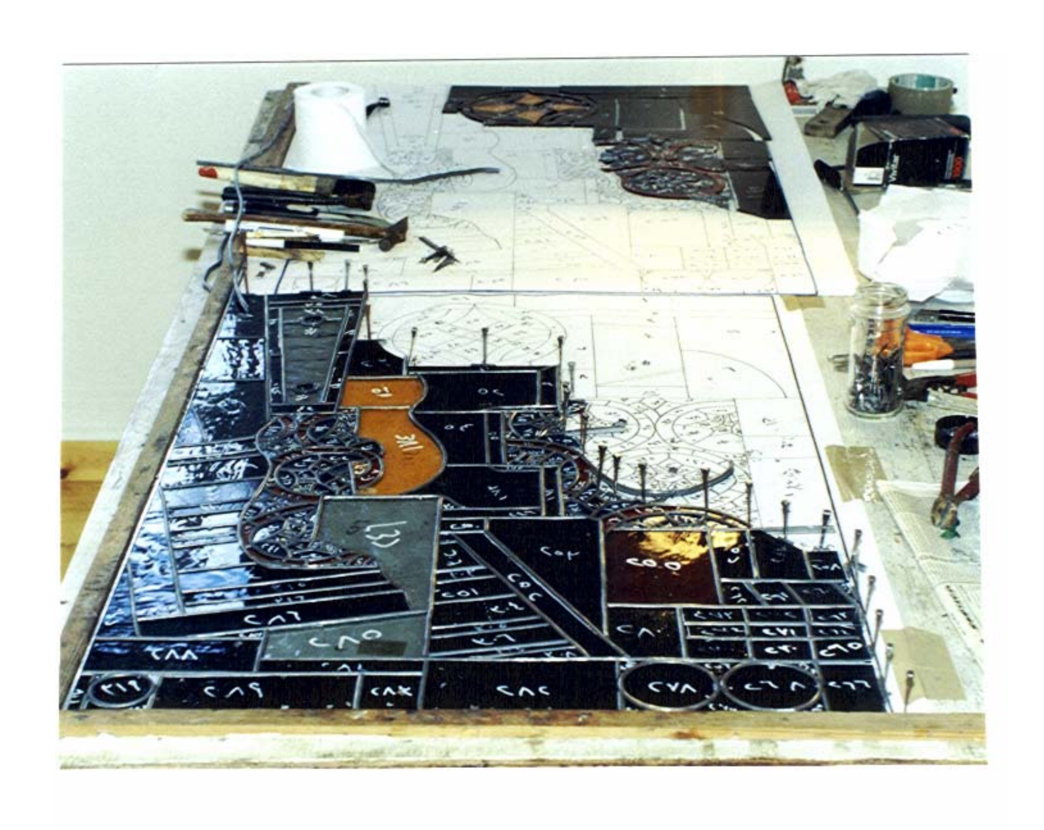


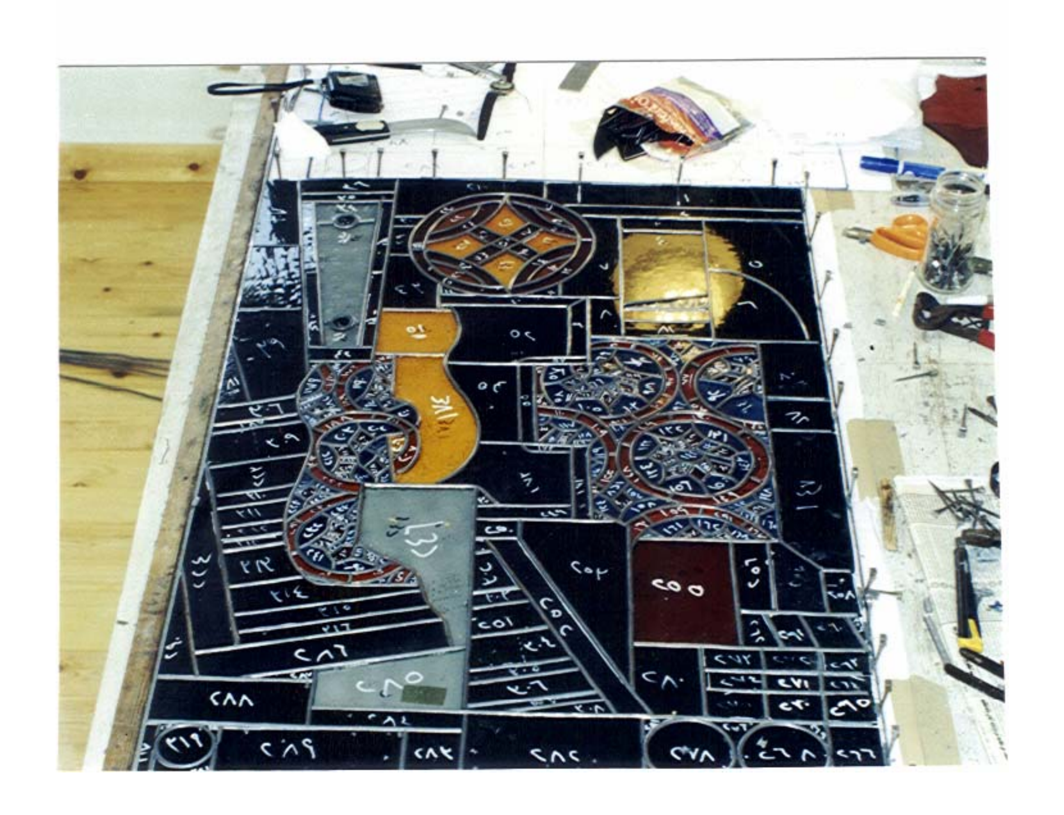
مراحل تثبيت قطع الزجاج بالرصاص على التصميم



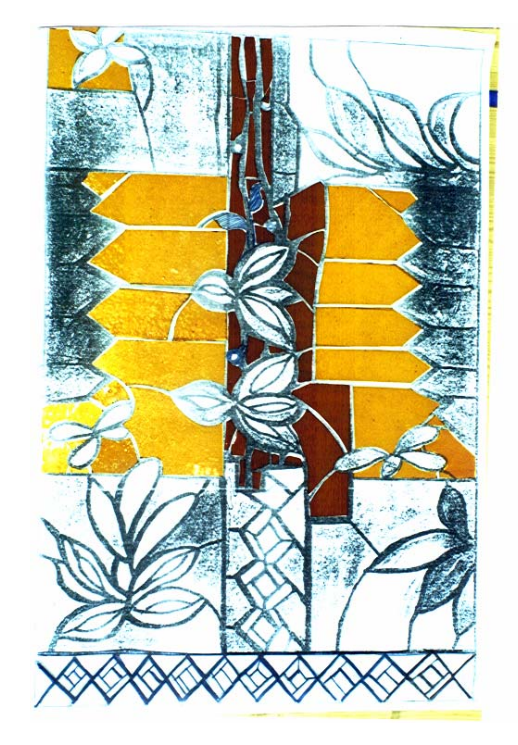


تابع مراحل تثبيت قطع الزجاج على التصميم

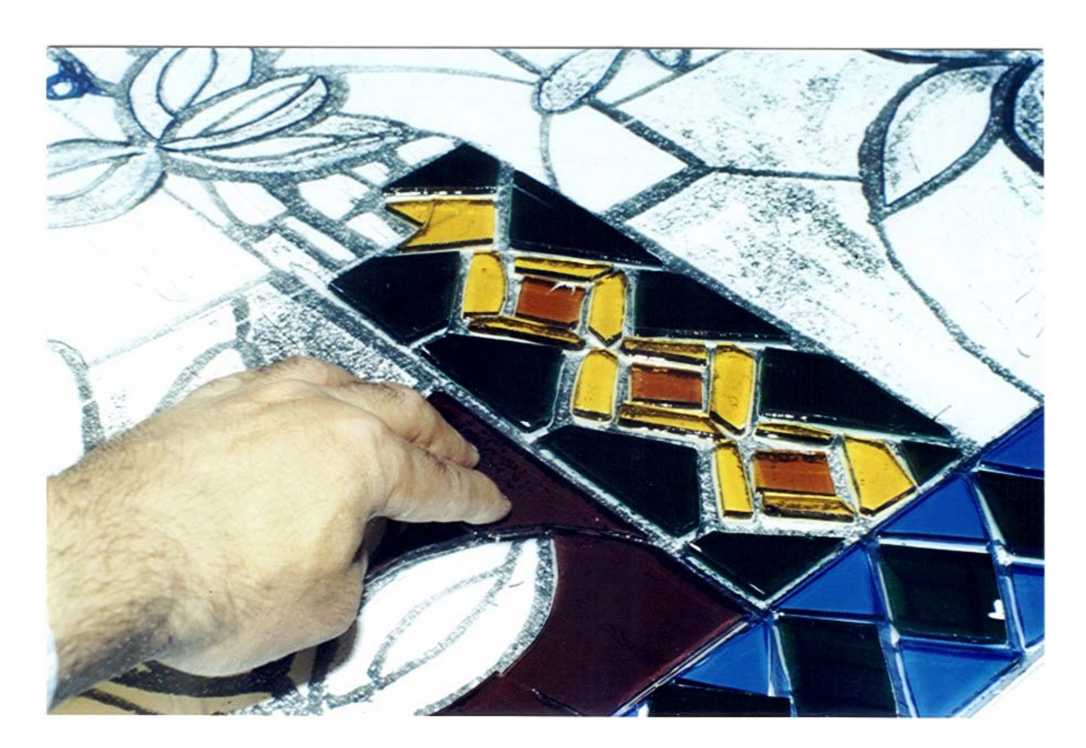




٣- مراحل تنفيذ العمل رقم (٣) (شكل ٦٥)







قطع الزجاج حسب التصميم

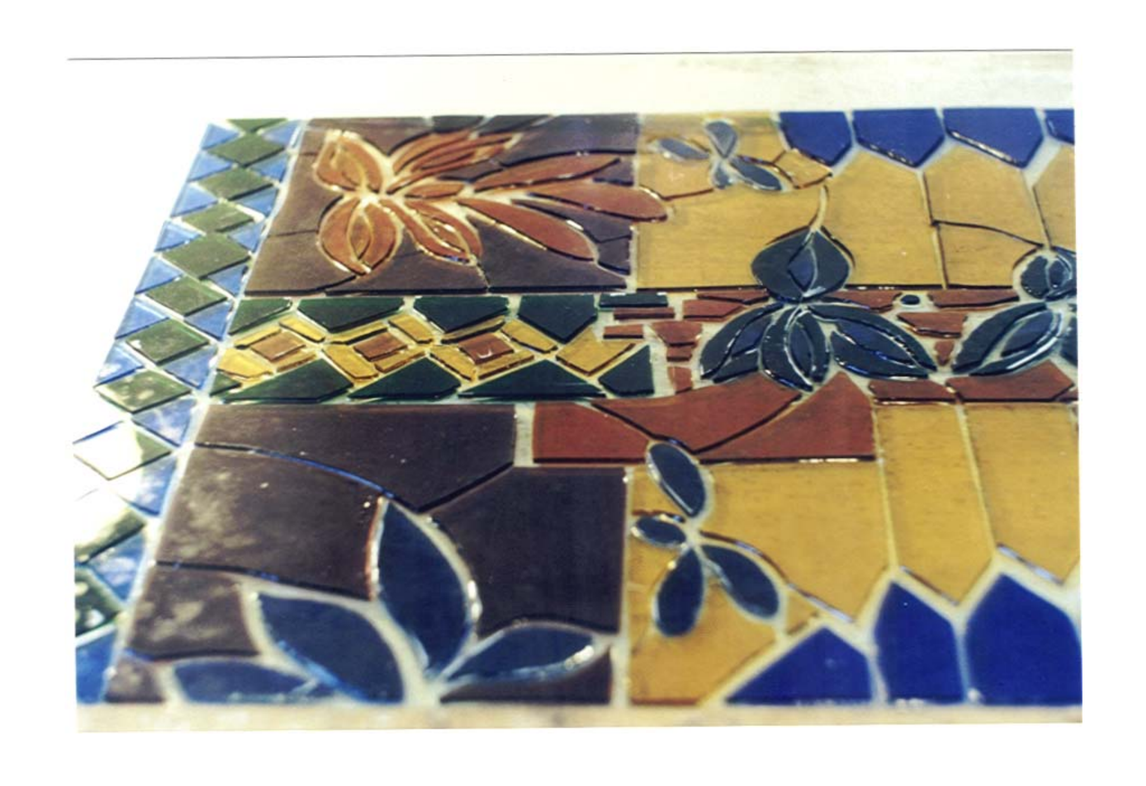


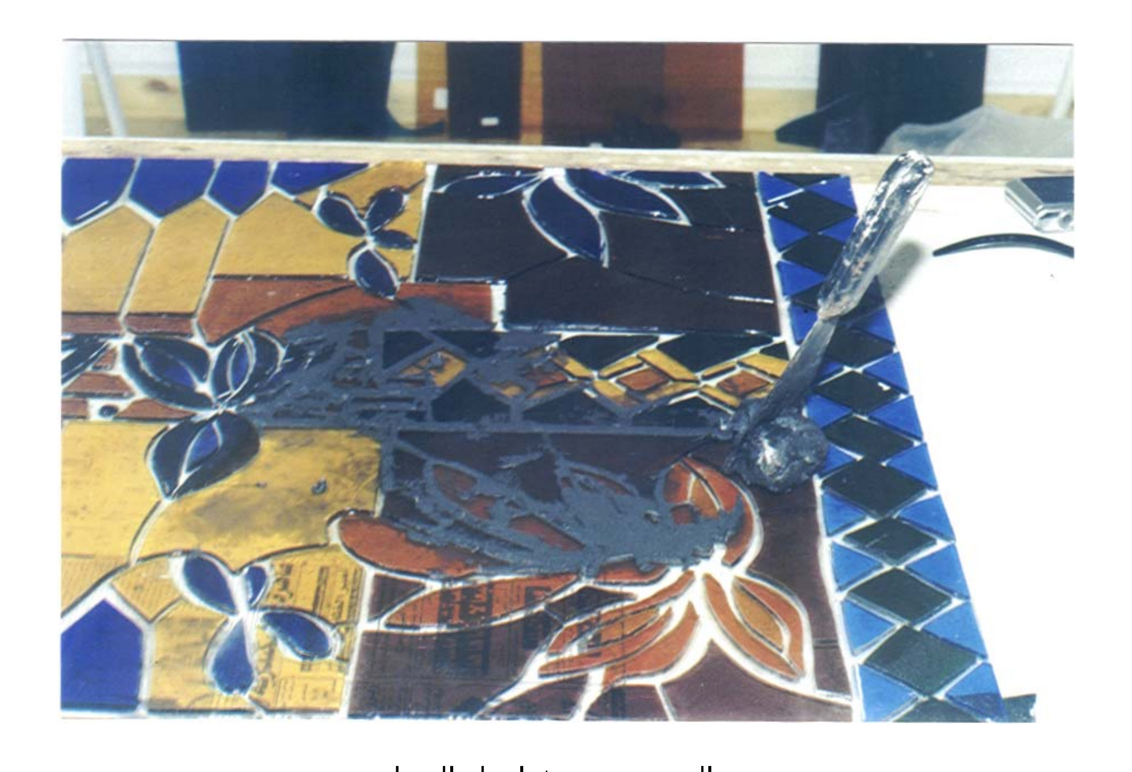




لصق قطع الزجاج باستخدام الأيبوكس على لوح زجاج سمك ٦مم.

تابع لصق الزجاج الملون على الزجاج الشفاف





وضع المعجون بين فواصل الزجاج

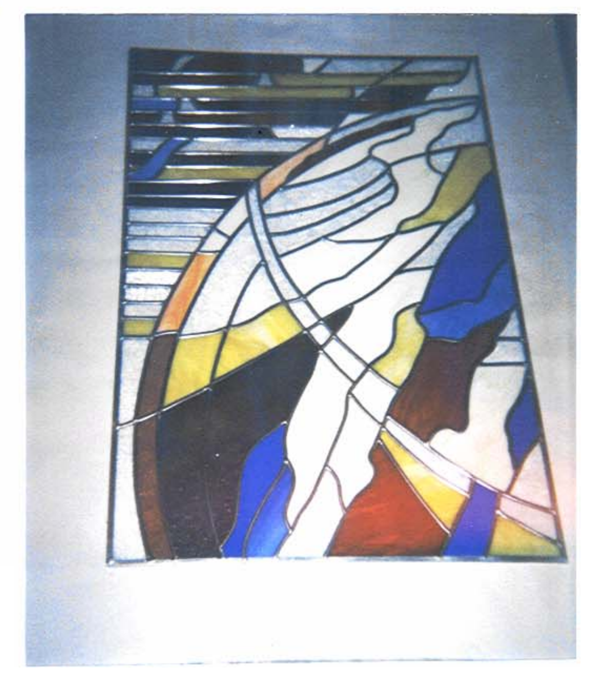
مراحل تنفيذ العمل رقم (٤) شكل رقم (٦٦)



(١) إعداد التصميم

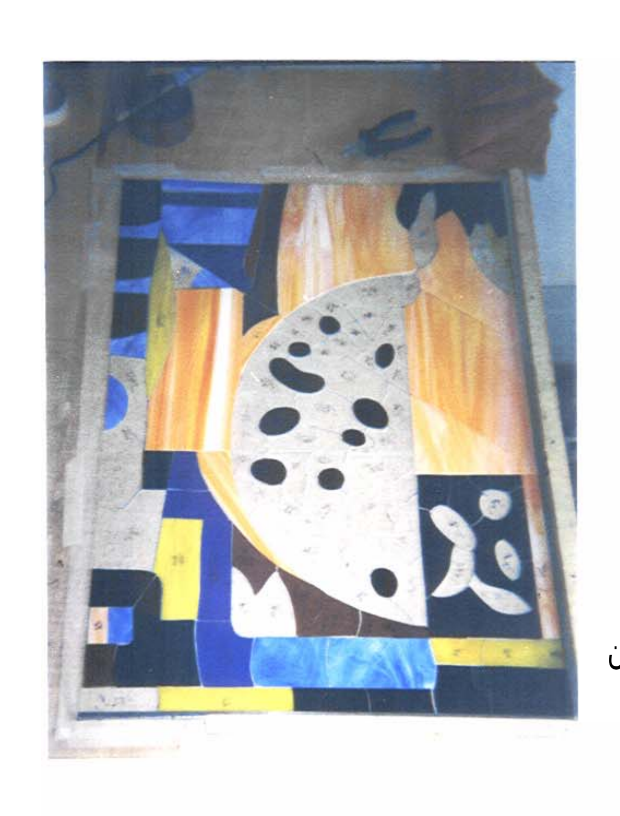


مرحلة قطع الزجاج

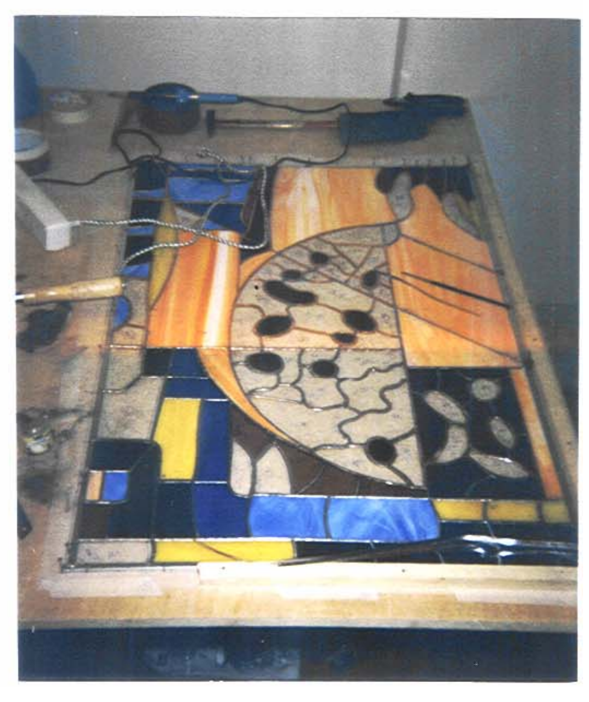


الشكل بعد إتمام لحام أعواد الرصاص

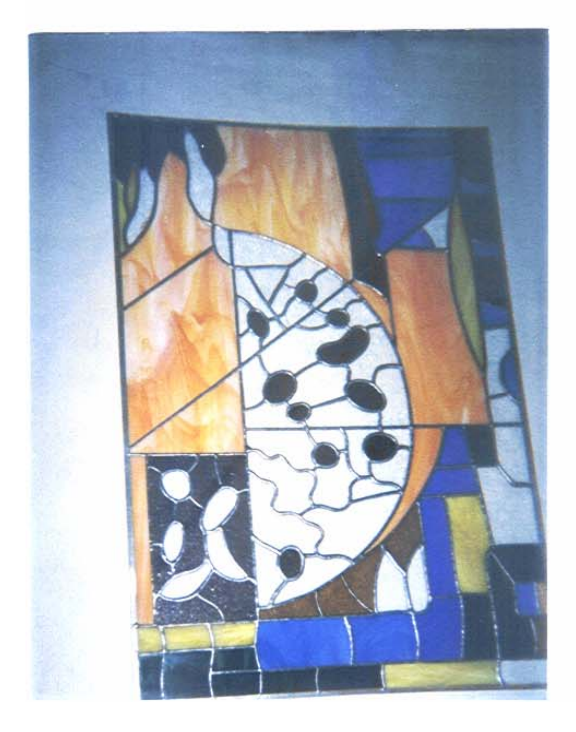
مراحل تنفيذ العمل رقم (٥) شكل (٦٧)



قطع الزجاج حسب البترون



وضع شرائح النحاس حول الاجزاء وعملية اللحام



العمل بعد انتهاء اللحام